КРАТКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ
К. П. ЯКОВЛЕВА

ТОМ ТРЕТИЙ

ТЕПЛОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1962

В составлении третьего тома принимали участие

Г. Е. ХОЛОДОВСКИЙ, А. Д. СМИРНОВ, М. Д. КАРАСЕВ

СОДЕРЖАНИЕ

Отдел шестой. ТЕПЛОТЕХНИКА

Г. Е. Холодовский

Некоторые обозначения 7

Критерии подобия, часто встречающиеся в тепловых расчетах . . . 10

Глава 6-1. **Физические параметры веществ, применяемых в качестве теплоносителей** 11

§ 6-1. Физические параметры воды и пара 11
§ 6-2. Физические параметры органических веществ, жидких металлов и смеси солей Na и K 81
§ 6-3. Физические параметры холодильных агентов 88
§ 6-4. Физические параметры газов 97
§ 6-5. Физические параметры углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания 117

Глава 6-2. **Термодинамика** 120

§ 6-6. Уравнения состояний газов 120
§ 6-7. Три начала термодинамики 122
§ 6-8. Процессы изменения состояния тела 123
§ 6-9. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики 125
§ 6-10. Теплоемкость газов 127
§ 6-11. Теплопроводность и динамическая вязкость газов . . . 129
§ 6-12. Термические коэффициенты 130
§ 6-13. Свойства смесей идеальных газов 130
§ 6-14. Свойства двухфазной системы (жидкости и ее насыщенных паров) 131
§ 6-15. Течение газов и паров 131
§ 6-16. Цикл Карно и термический к. п. д. двигателя 133
§ 6-17. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания 134
§ 6-18. Циклы газотурбинных установок 135
§ 6-19. Циклы реактивных двигателей 138
§ 6-20. Циклы паросиловых установок 139
§ 6-21. Циклы холодильных машин 141
§ 6-22. Показатели работы электрических станций 141
§ 6-23. Влажный воздух. Весовое влагосодержание воздуха . . 147

Глава 6-3. **Процессы горения топлива** 151

§ 6-24. Общие сведения 151
§ 6-25. Тепловой баланс котла 157
§ 6-26. Твердые топлива и мазут 160
§ 6-27. Природные газообразные топлива 178
§ 6-28. Искусственные газообразные топлива 183
§ 6-29. Физико-химические свойства жидких топлив 188
§ 6-30. Расчетные характеристики топок 192

Глава 6-4. **Передача теплоты** 203

§ 6-31. Теплопроводность 203
§ 6-32. Конвекция 205

§ 6-33. Теплоотдача при движении жидкости в трубах и каналах . . . 206
§ 6-34. Теплоотдача при движении жидкости и воздуха поперек труб . . . 209
§ 6-35. Теплоотдача при движении жидких металлов . . . 210
§ 6-36. Теплоотдача при кипении жидкости . . . 210
§ 6-37. Теплоотдача при конденсации пара . . . 211
§ 6-38. Пределы изменения коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах . . . 212
§ 6-39. Лучистый теплообмен . . . 212
§ 6-40. Сложный теплообмен между стенкой и газом . . . 216
§ 6-41. Теплопередача через стенку . . . 218
§ 6-42. Тепловой расчет теплообменника . . . 220
§ 6-43. Теплоизоляционные материалы и конструкции . . . 222
§ 6-44. Физические свойства некоторых химических элементов и соединений . . . 230
§ 6-45. Физические свойства сталей . . . 236
§ 6-46. Толщина стенок труб, коллекторов, барабанов . . . 246

Отдел седьмой. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Д. Смирнов

Некоторые обозначения . . . 249

Глава 7-1. **Выбор сечений проводов и кабелей. Предохранители** . . . 251

§ 7-1. Номинальные напряжения, наименьшие сечения и основы расчета сечений проводов и кабелей . . . 251
§ 7-2. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на провода и кабели . . . 257
§ 7-3. Выбор максимальной токовой защиты в сетях до 500 *в* . . . 267
§ 7-4. Выбор сечения проводов и кабелей по условию нагрева . . . 268
§ 7-5. Предохранители . . . 270

Глава 7-2. **Синхронные машины, трансформаторы и выпрямители** . . . 272

§ 7-6. Синхронные машины . . . 272
§ 7-7. Трансформаторы . . . 276
§ 7-8. Выпрямители . . . 285

Глава 7-3. **Асинхронные электродвигатели** . . . 286

§ 7-9. Основные стандартные данные электродвигателей мощностью от 0,6 до 100 *квт* . . . 286
§ 7-10. Основные каталожные данные электродвигателей до 100 *квт* . . . 292

Глава 7-4. **Эксплуатационные свойства электрических машин** . . . 305

§ 7-11. Формы исполнения, нагрев и сопротивление изоляции машин . . . 305
§ 7-12. Конструктивные формы, охлаждение и области применения электрических машин . . . 310

Глава 7-5. **Пускорегулирующая аппаратура и реле автоматики** . . . 314

§ 7-13. Рубильники и пускатели . . . 314
§ 7-14. Тепловые реле и нагреватели . . . 320
§ 7-15. Выключатели и пускорегулирующая аппаратура . . . 324
§ 7-16. Электромагнитные устройства . . . 348
§ 7-17. Реле автоматики . . . 350

Глава 7-6. **Аппараты высокого напряжения** 359
§ 7-18. Выключатели, разъединители и предохранители ВН . . . 359
§ 7-19. Измерительные трансформаторы 375
§ 7-20. Реакторы бетонные 380
§ 7-21. Разрядники 388
Глава 7-7. **Распределительные устройства** 390
§ 7-22. Закрытые распределительные устройства 390
§ 7-23. Открытые распределительные устройства 393
§ 7-24. Шины распределительных устройств 395
§ 7-25. Комплектные распределительные устройства 398
§ 7-26. Свинцовые аккумуляторы С и СК для стационарных установок (ГОСТ 825-41) 406
Глава 7-8. **Электроизмерительные приборы и устройства** . . 407
§ 7-27. Приборы щитовые нормального габарита 407
§ 7-28. Счетчики переменного тока 413
§ 7-29. Клещи и индикаторы электроизмерительные 415
Глава 7-9. **Реле защиты** 415
§ 7-30. Реле максимального тока, мощности, напряжения и времени 415
§ 7-31. АПВ, АРВ, блоки питания и газовое реле 419
Глава 7-10. **Электрическое освещение** 420
§ 7-32. Источники света и светильники 420
§ 7-33. Системы освещения и выбор освещенности 426
Глава 7-11. **Компенсация реактивной мощности** 439
§ 7-34. Выбор значений реактивной мощности 439
§ 7-35. Конденсаторы бумажно-масляные для улучшения коэффициента мощности серии КМ 440

Отдел восьмой. РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

М. Д. Карасев

Некоторые обозначения 441
Глава 8-1. **Радиотехнические материалы** 442
§ 8-1. Проводники 442
§ 8-2. Диэлектрики 454
§ 8-3. Ферромагнитные материалы 464
Глава 8-2. **Радиотехнические детали** 473
§ 8-4. Элементы сопротивления 473
§ 8-5. Конденсаторы 481
§ 8-6. Катушки индуктивности 499
Глава 8-3. **Электронные и газоразрядные приборы** 510
§ 8-7. Система условных обозначений электронных и ионных приборов 510
§ 8-8. Типовые параметры приемно-усилительных ламп 514
§ 8-9. Полупроводниковые приборы 557
§ 8-10. Высоковольтные кенотроны 568
§ 8-11. Генераторные, модуляторные и мощные усилительные лампы 570
§ 8-12. Электронно-лучевые осциллографические трубки 592
§ 8-13. Приемные и передающие телевизионные трубки 601
§ 8-14. Газоразрядные приборы 607

§ 8-15. Стабилизаторы тока (барретеры) 612
§ 8-16. Вакуумные бесконтактные термопреобразователи 613
§ 8-17. Фотоэлементы и электронные умножители 613

Глава 8-4. **Электроизмерительные приборы, применяемые в радиотехнике** 616

§ 8-18. Приборы электростатической системы 617
§ 8-19. Приборы термоэлектрической системы 618
§ 8-20. Приборы детекторной системы 620

Глава 8-5. **Радиоизмерительные приборы** 622

§ 8-21. Измерители напряжения 622
§ 8-22. Измерители мощности 625
§ 8-23. Измерители частоты 626
§ 8-24. Измерители индуктивности, емкости, сопротивления и добротности 628
§ 8-25. Приборы для наблюдения электрических процессов и измерения их характеристик 630
§ 8-26. Измерительные генераторы 634
§ 8-27. Измерительные усилители 639
§ 8-28. Измерительные линии и элементы высокочастотных трактов 640
§ 8-29. Измерители помех, шума и нелинейных искажений . . . 642
§ 8-30. Вакуумметры 643
§ 8-31. Испытатели ламп ИЛ-13, ИЛ-14, ИЛУ-1 644

Глава 8-6. **Радиотехнические приборы анализа и контроля в промышленности и в исследовательской работе** 645

§ 8-32. Электронные микроскопы 645
§ 8-33. Электронные математические машины непрерывного действия 647
§ 8-34. Телевизионные установки 650
§ 8-35. Приборы для анализа ядерных излучений и дозиметрического контроля 650

Глава 8-7. **Источники питания** 652

§ 8-36. Гальванические элементы и батареи 652
§ 8-37. Аккумуляторы 654
§ 8-38. Стабилизированные источники питания от сети переменного тока частотой 50 *гц* 657
§ 8-39. Автотрансформаторы типа ЛАТР 660
§ 8-40. Вибропреобразователи 660
§ 8-41. Термоэлектрогенераторы 661

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Перевод градусов шкалы Фаренгейта в градусы стоградусной шкалы 662
2. Перевод величин из британской системы единиц в метрическую 664
3. Коэффициенты для перевода единиц энергии 668
4. Коэффициенты для перевода единиц мощности 668

Перечень таблиц 669
К шестому отделу 669
К седьмому отделу 671
К восьмому отделу 675

Предметный указатель 677

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ

ТЕПЛОТЕХНИКА

Г. Е. Холодовский

НЕКОТОРЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначение	Размерность	Наименование
a	$м^2/час$	Коэффициент температуропроводности
A	*ккал/кГм*	Тепловой эквивалент работы
A	%	Зольность топлива; индексы: п — приведенная, р — рабочая, с — сухой массы
B	*кг*	Расход топлива; индексы: нат — натурального, усл — условного
C	%	Содержание углерода в топливе; индексы: г — горючая масса, о — органическая, р — рабочая, с — сухая
c	*ккал/кг · град*	Весовая теплоемкость; индексы: p — истинная при постоянном давлении, v — истинная при постоянном объеме, pm — средняя при постоянном давлении, vm — средняя при постоянном объеме
c'	$ккал/нм^3 \cdot град$	Объемная теплоемкость; индексы: см. c
d	*Г/кГ*	Влагосодержание воздуха
d или D	*м; мм*	Диаметр; индексы: вн — внутренний, н — наружный, экв — эквивалентный
D	*т/час*	Паропроизводительность котла; индексы: ном — номинальная, н — нормальная, н. п. — по нормальному пару
g	$м/сек^2$	Ускорение силы тяжести
h	*ккал/кг*	Теплоперепад; разность энтальпий

Продолжение

Обозначение	Размерность	Наименование
H	%	Содержание водорода в топливе; индексы — см. С
I, i	*ккал*; *ккал/кг*	Энтальпия; индексы: ′ — жидкости (воды) на линии насыщения, ″ — пара на линии насыщения, пе — перегретого пара, п. в. — питательной воды
J	*кГм/ккал*	Механический эквивалент тепла
k	*ккал/м² · час · град*	Коэффициент теплопередачи
$k = c_p / c_v$	—	Показатель адиабаты
l	*м*	Линейный размер
L, l	*кГм*; *кГм/кг*	Механическая работа
n	—	Показатель политропы
N	%	Содержание азота в топливе; индексы — см. С
O	%	Содержание кислорода в топливе; индексы — см. С
p	*кГ/см² абс*	Абсолютное давление; индексы: 1 относится к началу процесса; 2 — к концу процесса
$P_{раб}$	*кГ/см² изб*	Рабочее давление (избыточное)
Δp	*кГ/см²*; *мм* вод. ст.	Перепад давления
Q, q	*ккал*; *ккал/кг*	Количество тепла
q	*ккал/м² · час*	Удельный тепловой поток
$q_l = \pi d q$	*ккал/м · час*	То же на 1 п. м. трубы
q_2	%	Потеря тепла с уходящими газами
q_3	%	То же от химической неполноты сгорания
q_4	%	То же от механической
q_5	%	То же в окружающую среду
$Q_г^б$	*ккал/кг*	Теплота сгорания горючей массы топлива по бомбе
$Q_г^н$	*ккал/кг*	Низшая теплота сгорания горючей массы топлива
$Q_р^н$	*ккал/кг*	То же рабочего топлива
$Q_{шл}^н$	*ккал/кг*	Низшая теплота сгорания шлаков
$Q_в$	*ккал/кг*	Высшая теплота сгорания
Q/R	*ккал/м² · час*	Тепловое напряжение решетки
Q/V	*ккал/м³ · час*	Тепловое напряжение топочного объема
R	*кГм/кг · град*	Газовая постоянная
r	*ккал/кг*	Скрытая теплота испарения
$S^к$	%	Содержание колчеданной серы в топливе; индексы — см. С
$S^{орг}$	%	Содержание органической серы в топливе; индексы — см. С
$S^л = S^к + S^{орг}$	%	То же летучей

Продолжение

Обозначение	Размерность	Наименование
S, s	*ккал/кг · град*	Энтропия; индексы: ′ — жидкости (воды) на линии насыщения, ″ — пара на линии насыщения
T	°К	Абсолютная температура
t	°С	Температура; индексы. вз — воздуха, н — на линии насыщения, кр — критическая, пе — перегретого пара, ух — уходящих газов из котлов
U, u	*ккал*; *ккал/кг*	Внутренняя энергия
V^{Γ}	%	Выход летучих на горючую массу
V_0	*нм³/кг*	Количество воздуха, необходимого для сгорания 1 *кг* топлива
$V_{\text{с. г.}}$	*нм³/кг*	Объем продуктов сгорания на 1 *кг* топлива
V	*м³*	Объем
V_{μ}	*м³/моль*	Молекулярный объем
v	*м³/кг*	Удельный объем; индексы: 1 относится к началу процесса, 2 — к концу процесса
W	%	Влажность топлива; индексы: п — приведенная, р — рабочая
w	*м/сек*	Скорость
x	Доли единицы; %	Паросодержание двухфазной смеси
α	—	Коэффициент избытка воздуха; индексы: к — за котлом, т — в топке, ух — за установкой
α	*град*$^{-1}$	Коэффициент линейного расширения
α	*ккал/м² · час*	Коэффициент теплоотдачи; индексы: 1 — от охлаждающего теплоносителя к стенке, 2 — от стенки к нагреваемому теплоносителю, л — лучеиспусканием, с — соприкосновением
β	*град*$^{-1}$	Коэффициент объемного расширения
β	—	Характеристика топлива
δ_{10}	%	Относительное удлинение образца длиной 10 d
ε	—	Степень черноты
ε	—	Холодильный коэффициент
γ	*кГ/м³*	Удельный вес; индексы: ′ — жидкости (воды) на линии насыщения, ″ — пара на линии насыщения, пе — перегретого пара
λ	*ккал/м · час · град*	Коэффициент теплопроводности
μ	*кг/моль*	Молекулярный вес
μ	*кГ · сек/м²*	Коэффициент динамической вязкости

Продолжение

Обозначение	Размерность	Наименование
$\nu = \frac{\mu}{\rho}$	$м^2/сек$	Коэффициент кинематической вязкости
ρ	$кГ \cdot сек^2/м^4$	Плотность
σ	$кГ/м$	Коэффициент поверхностного натяжения
$\sigma_в^{20}$	$кГ/мм^2$	Временное сопротивление (предел прочности) при 20° С
$\sigma_т^t$	$кГ/мм^2$	Предел текучести при t °С
σ_k^t	$кГ/мм^2$	„ ползучести при t °С
σ_D^t	$кГ/мм^2$	„ длительной прочности при t °С
φ	—	Относительная влажность воздуха
η	Доли единицы или %	К. п. д.; индексы: e — эффективный, i — индикаторный, о — относительный, oe — эффективный относительный, oi — внутренний относительный, оэ — электрический относительный, м — механический, t — термический, э — абсолютный электрический

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ, ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ В ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТАХ

Архимеда
$$\mathbf{Ar} = \mathbf{Ga}\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{gl^3}{\nu^2}\frac{\rho - \rho_0}{\rho}$$

Био $\mathbf{Bi} = \frac{\alpha l}{\lambda_w}$

Вебера $\mathbf{We} = \frac{w^2 d\rho}{\sigma}$

Галилея $\mathbf{Ga} = \mathbf{Fr} \cdot \mathbf{Re}^2 = \frac{gl^3}{\nu^2}$

гомохронности $\mathbf{Ho} = \frac{w\tau}{l}$

Грасгофа $\mathbf{Gr} = \mathbf{Ga}\beta\Delta t = \frac{gl^3}{\nu^2}\beta\Delta t$

Кирпичева $\mathbf{Ki} = \frac{\alpha}{c\gamma w}$

Нуссельта $\mathbf{Nu} = \frac{\alpha l}{\lambda}$

Пекле $\mathbf{Pe} = \mathbf{Re} \cdot \mathbf{Pr} = \frac{wl}{a}$

Прандтля
$$\mathbf{Pr} = \frac{\mathbf{Pe}}{\mathbf{Re}} = \frac{\nu}{a} = \frac{\mu g c}{\lambda} p$$

Рейнольдса $\mathbf{Re} = \frac{wl}{\nu} = \frac{\rho w l}{\mu}$

Фруда $\mathbf{Fr} = \frac{gl}{w^2}$

Фурье $\mathbf{Fo} = \frac{a\tau}{l^2}$

Эйлера $\mathbf{Eu} = \frac{\Delta p}{\rho w^2}$ или $= \frac{p}{\rho w^2}$

Глава 6-1

ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

§ 6-1. Физические параметры воды и пара

Таблица 6-1. **Свойства воды и пара на линии насыщения в зависимости от *p, кГ/см² абс***
(М. П. Вукалович. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М., 1958)

p	t, °С	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s' $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
0,0075	0	999,8	0,0048	0	597,3	597,3	0	2,186
0,010	6,7	999,9	0,0076	6,7	600,2	593,5	0,024	2,145
0,015	12,7	999,4	0,0112	12,8	602,9	590,1	0,046	2,110
0,020	17,2	998,7	0,0146	17,2	604,9	587,7	0,061	2,085
0,025	20,8	998,0	0,0181	20,8	606,4	585,6	0,073	2,066
0,030	23,8	997,3	0,0215	23,8	607,8	584,0	0,084	2,050
0,035	26,4	996,6	0,0249	26,4	608,9	582,5	0,092	2,037
0,040	28,6	996,0	0,0282	28,7	609,8	581,1	0,100	2,026
0,045	30,7	995,4	0,0315	30,7	610,7	580,0	0,107	2,015
0,050	32,6	994,8	0,0348	32,6	611,5	578,9	0,113	2,006
0,055	34,2	994,2	0,0381	34,3	612,3	578,0	0,118	1,998
0,060	35,8	993,7	0,0413	35,8	612,9	577,1	0,123	1,991
0,065	37,3	993,1	0,0446	37,3	613,6	576,3	0,128	1,984
0,070	38,7	992,6	0,0478	38,7	614,1	575,4	0,132	1,978
0,075	40,0	992,2	0,0510	40,0	614,7	574,7	0,136	1,972
0,080	41,2	991,7	0,0542	41,2	615,2	574,0	0,140	1,967
0,085	42,3	991,3	0,0574	42,3	615,7	573,4	0,144	1,962
0,090	43,4	990,8	0,0606	43,4	616,1	572,7	0,148	1,957
0,095	44,5	990,4	0,0638	44,5	616,6	572,1	0,151	1,953
0,10	45,4	990,0	0,0669	45,4	617,0	571,6	0,154	1,948
0,11	47,3	989,2	0,0732	47,3	617,8	570,5	0,160	1,940
0,12	49,1	988,4	0,0794	49,1	618,6	569,5	0,165	1,933
0,13	50,7	987,8	0,0856	50,7	619,3	568,6	0,170	1,926
0,14	52,2	987,1	0,0918	52,2	619,9	567,7	0,175	1,920
0,15	53,6	986,4	0,0980	53,6	620,5	566,9	0,179	1,914
0,16	54,9	985,7	0,1041	54,9	621,1	566,2	0,183	1,909
0,17	56,2	985,1	0,1102	56,2	621,6	565,4	0,187	1,904
0,18	57,4	984,5	0,1163	57,4	622,1	564,7	0,191	1,899
0,19	58,6	984,0	0,1224	58,6	622,6	564,0	0,194	1,894
0,20	59,7	983,4	0,1284	59,7	623,1	563,4	0,198	1,890
0,21	60,7	982,8	0,1344	60,7	623,5	562,8	0,201	1,886
0,22	61,7	982,2	0,1404	61,7	623,9	562,2	0,204	1,882
0,23	62,7	981,7	0,1464	62,7	624,3	561,6	0,207	1,879
0,24	63,6	981,2	0,1523	63,6	624,6	561,0	0,209	1,875
0,25	64,6	980,8	0,1583	64,5	625,0	560,5	0,212	1,872

Продолжение

p	t, °C	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
0,26	65,4	980,2	0,1643	65,4	625,4	560,0	0,215	1,868
0,27	66,3	979,8	0,1702	66,3	625,7	559,4	0,217	1,865
0,28	67,1	979,3	0,1761	67,1	626,1	559,0	0,220	1,862
0,29	67,9	978,8	0,1820	67,9	626,4	558,5	0,222	1,860
0,30	68,7	978,5	0,1878	68,7	626,8	558,1	0,224	1,857
0,32	70,2	977,6	0,1995	70,1	627,4	557,3	0,229	1,852
0,34	71,6	976,8	0,2112	71,6	627,9	556,3	0,233	1,846
0,36	72,9	976,1	0,2228	72,9	628,5	555,6	0,236	1,842
0,38	74,2	975,3	0,2344	74,2	629,0	554,8	0,240	1,838
0,40	75,4	974,6	0,2459	75,4	629,5	554,1	0,244	1,833
0,45	78,3	972,8	0,2746	78,3	630,6	552,3	0,252	1,824
0,50	80,9	971,2	0,3031	80,9	631,6	550,7	0,259	1,815
0,55	83,2	969,7	0,3315	83,3	632,6	549,3	0,266	1,807
0,60	85,4	968,3	0,3595	85,5	633,5	548,0	0,272	1,800
0,65	87,5	967,0	0,3875	87,5	634,3	546,8	0,278	1,794
0,70	89,4	965,7	0,4153	89,5	635,1	545,6	0,283	1,788
0,75	91,3	964,5	0,4431	91,3	635,8	544,5	0,288	1,782
0,80	93,0	963,3	0,4706	93,1	636,4	543,3	0,293	1,777
0,85	94,6	962,2	0,4980	94,7	637,0	542,3	0,298	1,772
0,90	96,2	961,1	0,5255	96,3	637,6	541,3	0,302	1,768
1,0	99,1	959,0	0,5797	99,2	638,8	539,6	0,310	1,759
1,1	101,8	957,1	0,6337	101,9	639,8	537,9	0,317	1,752
1,2	104,2	955,3	0,6873	104,4	640,7	536,3	0,324	1,745
1,3	106,6	953,6	0,7407	106,7	641,6	534,9	0,330	1,738
1,4	108,7	951,9	0,7943	108,9	642,3	533,4	0,336	1,732
1,5	110,8	950,4	0,8467	111,0	643,1	532,1	0,341	1,727
1,6	112,7	948,9	0,900	113,0	643,8	530,8	0,346	1,722
1,7	114,6	947,5	0,952	114,8	644,5	529,7	0,351	1,717
1,8	116,3	946,1	1,005	116,6	645,1	528,5	0,355	1,712
1,9	118,0	944,7	1,057	118,3	645,7	527,4	0,360	1,708
2,0	119,6	943,4	1,109	119,9	646,3	526,4	0,364	1,704
2,1	121,2	942,2	1,161	121,5	646,8	525,3	0,368	1,700
2,2	122,6	941,0	1,212	123,0	647,3	524,3	0,372	1,696
2,3	124,1	939,8	1,264	124,5	647,8	523,3	0,375	1,693
2,4	125,5	938,7	1,315	125,9	648,3	522,4	0,379	1,689
2,5	126,8	937,6	1,367	127,2	648,7	521,5	0,382	1,686
2,6	128,1	936,5	1,417	128,5	649,2	520,7	0,386	1,683
2,7	129,3	935,4	1,469	129,8	649,6	519,8	0,389	1,680
2,8	130,6	934,3	1,520	131,1	650,0	518,9	0,392	1,677
2,9	131,7	933,4	1,570	132,3	650,3	518,0	0,395	1,674
3,0	132,9	932,3	1,621	133,4	650,7	517,3	0,398	1,672
3,1	134,0	931,4	1,672	134,6	651,1	516,5	0,400	1,669
3,2	135,1	930,4	1,722	135,7	651,4	515,7	0,403	1,666
3,3	136,1	929,5	1,772	136,8	651,8	515,0	0,406	1,664
3,4	137,2	928,6	1,823	137,8	652,1	514,3	0,408	1,662

Продолжение

p	t, °С	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
3,5	138,2	927,7	1,873	138,9	652,4	513,5	0,411	1,659
3,6	139,2	926,9	1,923	139,9	652,7	512,8	0,413	1,657
3,7	140,2	925,9	1,974	140,9	653,0	512,1	0,416	1,655
3,8	141,1	925,2	2,024	141,8	653,3	511,5	0,418	1,653
3,9	142,0	924,3	2,074	142,8	653,6	510,8	0,420	1,651
4,0	142,9	923,4	2,124	143,7	653,9	510,2	0,423	1,649
4,1	143,8	922,7	2,173	144,6	654,1	509,5	0,425	1,647
4,2	144,7	921,9	2,223	145,5	654,4	508,9	0,427	1,645
4,3	145,5	921,1	2,273	146,4	654,7	508,3	0,429	1,643
4,4	146,4	920,3	2,323	147,3	654,9	507,6	0,431	1,641
4,5	147,2	919,5	2,373	148,1	655,2	507,1	0,433	1,639
4,6	148,0	918,8	2,422	149,0	655,4	506,5	0,435	1,638
4,7	148,8	918,0	2,472	149,8	655,6	505,8	0,437	1,636
4,8	149,6	917,3	2,521	150,6	655,9	505,3	0,439	1,634
4,9	150,4	916,6	2,571	151,4	656,1	504,7	0,441	1,632
5,0	151,1	915,9	2,620	152,1	656,3	504,2	0,443	1,631
5,2	152,6	914,5	2,718	153,7	656,7	503,0	0,446	1,628
5,4	154,0	913,2	2,817	155,1	657,1	502,0	0,450	1,625
5,6	155,4	911,8	2,92	156,6	657,5	500,9	0,453	1,622
5,8	156,8	910,5	3,01	158,0	657,9	499,9	0,456	1,619
6,0	158,1	909,2	3,11	159,3	658,3	499,0	0,459	1,616
6,2	159,4	908,0	3,21	160,7	658,6	497,9	0,462	1,614
6,4	160,6	906,8	3,31	162,0	659,0	497,0	0,466	1,611
6,6	161,8	905,6	3,40	163,2	659,3	496,1	0,468	1,609
6,8	163,0	901,4	3,50	164,5	659,6	495,1	0,471	1,606
7,0	164,2	903,3	3,60	165,7	659,9	494,2	0,474	1,604
7,2	165,3	902,1	3,70	166,9	660,2	493,3	0,477	1,602
7,4	166,4	901,0	3,79	168,0	660,4	492,4	0,479	1,599
7,6	167,5	899,8	3,89	169,2	660,7	491,5	0,482	1,597
7,8	168,6	898,8	3,99	170,3	661,0	490,7	0,484	1,595
8,0	169,6	897,7	4,08	171,4	661,2	489,8	0,487	1,593
8,2	170,6	896,7	4,18	172,4	661,4	489,0	0,489	1,591
8,4	171,6	895,6	4,28	173,4	661,7	488,3	0,492	1,589
8,6	172,6	894,7	4,38	174,5	661,9	487,4	0,494	1,587
8,8	173,6	893,7	4,47	175,5	662,1	486,6	0,496	1,585
9,0	174,5	892,7	4,57	176,5	662,3	485,8	0,498	1,583
9,2	175,5	891,7	4,66	177,5	662,5	485,0	0,500	1,582
9,4	176,4	890,8	4,76	178,5	662,7	484,2	0,503	1,580
9,6	177,3	889,8	4,86	179,4	662,9	483,5	0,505	1,578
9,8	178,2	888,9	4,95	180,3	663,1	482,8	0,507	1,576
10,0	179,0	887,9	5,05	181,3	663,3	482,0	0,509	1,575
10,5	181,2	885,7	5,29	183,5	663,7	480,2	0,514	1,571
11,0	183,2	883,5	5,53	185,7	664,1	478,4	0,518	1,567
11,5	185,2	881,4	5,77	187,7	664,5	476,8	0,523	1,563
12,0	187,1	879,3	6,01	189,8	664,9	475,1	0,527	1,560

Продолжение

p	t, °С	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
12,5	188,9	877,3	6,25	191,7	665,3	473,6	0,532	1,556
13,0	190,7	875,2	6,49	193,6	665,6	472,0	0,536	1,553
13,5	192,4	873,3	6,73	195,5	665,9	470,4	0,540	1,550
14,0	194,1	871,4	6,97	197,3	666,2	468,9	0,543	1,547
14,5	195,8	869,5	7,21	199,1	666,4	467,4	0,547	1,544
15,0	197,4	867,7	7,45	200,7	666,7	466,0	0,551	1,541
15,5	198,9	866,0	7,69	202,4	666,9	464,5	0,554	1,538
16,0	200,4	864,2	7,93	204,0	667,1	463,1	0,558	1,535
16,5	201,9	862,4	8,17	205,6	667,3	461,7	0,561	1,533
17,0	203,4	860,7	8,41	207,2	667,5	460,3	0,564	1,530
17,5	204,8	859,1	8,65	208,7	667,7	459,0	0,567	1,528
18,0	206,1	857,5	8,89	210,2	667,8	457,6	0,570	1,525
18,5	207,5	855,9	9,13	211,7	668,0	456,3	0,574	1,523
19,0	208,8	854,3	9,37	213,1	668,2	455,1	0,576	1,521
19,5	210,1	852,7	9,62	214,5	668,3	453,8	0,579	1,518
20,0	211,4	851,1	9,85	215,9	668,5	452,6	0,582	1,516
20,5	212,6	849,5	10,09	217,3	668,6	451,3	0,585	1,514
21,0	213,8	848,0	10,34	218,6	668,7	450,1	0,588	1,512
21,5	215,0	846,5	10,57	220,0	668,8	448,8	0,590	1,510
22,0	216,2	845,1	10,82	221,2	668,9	447,7	0,593	1,508
22,5	217,4	843,6	11,06	222,5	668,9	446,4	0,596	1,506
23,0	218,5	842,2	11,30	223,8	669,0	445,2	0,598	1,504
23,5	219,6	840,8	11,54	225,0	669,1	444,1	0,601	1,502
24,0	220,8	839,3	11,78	226,2	669,2	443,0	0,603	1,500
24,5	221,8	838,0	12,03	227,4	669,2	441,8	0,605	1,498
25,0	222,9	836,6	12,27	228,6	669,3	440,7	0,607	1,496
25,5	224,0	835,2	12,51	229,8	669,3	439,5	0,610	1,494
26,0	225,0	833,9	12,76	230,9	669,4	438,5	0,612	1,492
26,5	226,0	832,6	13,00	232,1	669,4	437,3	0,615	1,491
27,0	227,0	831,2	13,24	233,2	669,4	436,2	0,617	1,489
27,5	228,0	830,0	13,49	234,3	669,5	435,2	0,619	1,487
28,0	229,0	828,7	13,73	235,4	669,5	434,1	0,621	1,486
28,5	229,9	827,4	13,98	236,5	669,5	433,0	0,623	1,484
29,0	230,9	826,1	14,22	237,5	669,5	432,0	0,625	1,482
29,5	231,8	824,9	14,47	238,6	669,6	431,0	0,627	1,481
30	232,8	823,6	14,71	239,6	669,6	430,0	0,630	1,479
31	234,6	821,2	15,20	241,7	669,6	427,9	0,634	1,476
32	236,4	818,7	15,70	243,7	669,6	425,9	0,637	1,473
33	238,1	816,2	16,19	245,6	669,6	424,0	0,641	1,470
34	239,8	813,9	16,68	247,6	669,5	421,9	0,645	1,468
35	241,4	811,6	17,18	249,5	669,5	420,0	0,648	1,465
36	243,0	809,3	17,69	251,3	669,4	418,1	0,652	1,462
37	244,6	807,0	18,19	253,1	669,3	416,2	0,656	1,459
38	246,2	804,8	18,68	254,9	669,2	414,3	0,659	1,457
39	247,7	802,6	19,19	256,7	669,2	412,5	0,662	1,454

Продолжение

p	t, °C	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
40	249,2	800,4	19,70	258,4	669,0	410,6	0,665	1,452
41	250,6	798,3	20,20	260,1	668,9	408,8	0,669	1,449
42	252,1	796,1	20,71	261,8	668,8	407,0	0,672	1,447
43	253,5	794,0	21,22	263,4	668,7	405,3	0,675	1,444
44	254,9	791,9	21,73	265,0	668,5	403,5	0,678	1,442
45	256,2	789,8	22,25	266,6	668,4	401,8	0,681	1,440
46	257,6	787,8	22,76	268,2	668,2	400,0	0,684	1,438
47	258,9	785,7	23,28	269,8	668,0	398,2	0,687	1,435
48	260,2	783,8	23,79	271,3	667,9	396,6	0,690	1,433
49	261,4	781,7	24,32	272,8	667,7	394,9	0,692	1,431
50	262,7	779,7	24,84	274,3	667,5	393,2	0,695	1,429
51	263,9	777,8	25,36	275,8	667,4	391,6	0,698	1,427
52	265,2	775,8	25,89	277,2	667,2	390,0	0,700	1,425
53	266,4	773,9	26,42	278,7	667,0	388,3	0,703	1,423
54	267,5	772,0	26,95	280,1	666,7	386,6	0,706	1,420
55	268,7	770,1	27,48	281,5	666,6	385,1	0,708	1,419
56	269,8	768,2	28,02	282,9	666,3	383,4	0,711	1,417
57	271,0	766,2	28,56	284,3	666,1	381,8	0,713	1,415
58	272,1	764,4	29,10	285,6	665,9	380,3	0,716	1,413
59	273,2	762,5	29,64	287,0	665,6	378,6	0,718	1,411
60	274,3	760,6	30,18	288,3	665,4	377,1	0,720	1,409
61	275,4	758,8	30,72	289,7	665,1	375,4	0,723	1,407
62	276,4	756,9	31,28	291,0	664,8	373,8	0,725	1,405
63	277,5	755,1	31,83	292,3	664,6	372,3	0,727	1,403
64	278,5	753,3	32,37	293,6	664,3	370,8	0,730	1,402
65	279,5	751,5	32,94	294,8	664,0	369,2	0,732	1,400
66	280,6	749,7	33,5	296,1	663,7	367,6	0,734	1,398
67	281,6	747,9	34,0	297,3	663,5	366,2	0,736	1,396
68	282,5	746,2	34,6	298,6	663,2	364,6	0,738	1,394
69	283,5	744,4	35,2	299,8	662,9	363,1	0,741	1,393
70	284,5	742,6	35,7	301,0	662,6	361,6	0,743	1,391
71	285,4	740,8	36,3	302,3	662,2	359,9	0,745	1,389
72	286,4	739,1	36,9	303,5	661,9	358,4	0,747	1,388
73	287,3	737,4	37,5	304,6	661,6	356,9	0,749	1,386
74	288,2	735,7	38,0	305,8	661,3	355,5	0,751	1,384
75	289,2	733,9	38,6	307,0	661,0	354,0	0,753	1,383
76	290,1	732,2	39,2	308,2	660,7	352,5	0,755	1,381
77	291,0	730,5	39,8	309,4	660,3	351,0	0,757	1,379
78	291,9	728,8	40,4	310,5	660,0	349,5	0,759	1,378
79	292,8	727,0	41,0	311,7	659,7	348,0	0,761	1,376
80	293,6	725,3	41,6	312,8	659,3	346,5	0,763	1,374
81	294,5	723,6	42,2	313,9	659,0	345,1	0,765	1,373
82	295,3	721,9	42,8	315,0	658,6	343,6	0,767	1,371
83	296,2	720,2	43,4	316,2	658,3	342,1	0,769	1,370
84	297,0	718,5	44,0	317,3	657,9	340,6	0,771	1,368

Продолжение

p	t, °C	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
85	297,9	716,8	44,6	318,4	657,6	339,2	0,773	1,367
86	298,7	715,2	45,2	319,5	657,2	337,7	0,774	1,365
87	299,5	713,5	45,8	320,6	656,8	336,2	0,776	1,364
88	300,3	711,8	46,4	321,6	656,5	334,8	0,778	1,362
89	301,1	710,1	47,1	322,7	656,1	333,4	0,780	1,360
90	301,9	708,5	47,7	323,8	655,7	331,9	0,782	1,359
91	302,7	706,8	48,3	324,9	655,3	330,4	0,784	1,357
92	303,5	705,2	49,0	325,9	655,0	329,1	0,785	1,356
93	304,3	703,5	49,6	327,0	654,6	327,6	0,787	1,354
94	305,0	701,8	50,2	328,0	654,2	326,2	0,789	1,353
95	305,8	700,2	50,9	329,1	653,8	324,7	0,791	1,351
96	306,6	698,5	51,6	330,1	653,3	323,2	0,792	1,350
97	307,3	696,7	52,2	331,2	652,9	321,7	0,794	1,348
98	308,1	695,2	52,8	332,2	652,5	320,3	0,796	1,347
99	308,8	693,6	53,5	333,2	652,1	318,9	0,798	1,346
100	309,5	691,9	54,2	334,2	651,7	317,5	0,799	1,344
102	311,0	688,6	55,5	336,3	650,8	314,5	0,803	1,341
104	312,4	685,4	56,8	338,3	650,0	311,7	0,806	1,338
106	313,8	682,0	58,2	340,3	649,1	308,8	0,809	1,335
108	315,2	678,7	59,6	342,3	648,1	305,8	0,812	1,332
110	316,6	675,7	61,0	344,2	647,2	303,0	0,816	1,329
112	317,9	672,0	62,5	346,2	646,3	300,1	0,819	1,326
114	319,3	668,9	63,9	348,2	645,3	297,1	0,822	1,324
116	320,6	665,8	65,4	350,1	644,4	294,3	0,825	1,321
118	321,9	662,2	66,8	352,0	643,5	291,5	0,828	1,318
120	323,2	659,2	68,4	353,9	642,5	288,6	0,832	1,315
122	324,4	655,7	69,8	355,8	641,4	285,6	0,835	1,312
124	325,6	652,3	71,4	357,7	640,4	282,7	0,838	1,310
126	326,9	648,9	72,9	359,6	639,4	279,8	0,841	1,307
128	328,1	645,6	74,6	361,5	638,3	276,8	0,844	1,304
130	329,3	642,3	76,2	363,4	637,2	273,8	0,847	1,301
132	330,5	639,0	77,8	365,2	636,2	271,0	0,850	1,298
134	331,6	635,3	79,4	367,1	635,1	268,0	0,853	1,296
136	332,8	632,1	81,1	369,0	634,0	265,0	0,856	1,292
138	334,0	628,5	82,8	370,8	632,8	262,0	0,858	1,290
140	335,1	625,0	84,6	372,7	631,7	259,0	0,861	1,287
142	336,2	621,9	86,3	374,5	630,5	256,0	0,864	1,284
144	337,3	618,4	88,2	376,4	629,4	253,0	0,867	1,281
146	338,4	615,4	90,0	378,2	628,1	249,9	0,870	1,279
148	339,5	611,6	91,9	380,1	626,9	246,8	0,873	1,276

Продолжение

p	t, °C	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
150	340,6	608,3	93,8	381,9	625,6	243,7	0,876	1,273
152	341,6	605,0	95,7	383,7	624,3	240,6	0,879	1,270
154	342,7	601,3	97,7	385,6	623,0	237,4	0,882	1,267
156	343,7	597,7	99,7	387,4	621,6	234,2	0,884	1,264
158	344,7	594,2	101,8	389,3	620,3	231,0	0,887	1,261
160	345,7	590,7	103,9	391,1	618,9	227,8	0,890	1,258
162	346,7	586,8	106,0	392,9	617,5	224,6	0,893	1,255
164	347,7	583,1	108,3	394,8	616,0	221,2	0,896	1,252
166	348,7	579,4	110,5	396,7	614,5	217,8	0,899	1,249
168	349,7	575,7	112,8	398,6	613,0	214,4	0,902	1,246
170	350,7	572,1	115,2	400,4	611,5	211,1	0,904	1,242
172	351,6	568,2	117,6	402,3	609,8	207,5	0,907	1,239
174	352,6	564,3	120,1	404,2	608,2	204,0	0,910	1,235
176	353,5	560,2	122,7	406,2	606,5	200,3	0,913	1,232
178	354,4	556,2	125,4	408,1	604,7	196,6	0,916	1,229
180	355,4	551,9	128,2	410,1	602,8	192,7	0,919	1,226
182	356,3	547,6	131,0	412,2	600,9	188,7	0,922	1,222
184	357,2	543,5	133,9	414,2	599,0	184,8	0,925	1,219
186	358,1	538,8	137,0	416,2	597,1	180,9	0,928	1,215
188	358,9	533,9	140,1	418,2	595,1	176,9	0,932	1,212
190	359,8	529,1	143,5	420,4	593,0	172,6	0,935	1,208
192	360,7	524,6	146,6	422,3	591,0	168,7	0,938	1,204
194	361,6	520,0	150,1	424,4	588,9	164,5	0,941	1,200
196	362,4	514,9	153,8	426,6	586,6	160,0	0,944	1,196
198	363,2	509,4	157,7	428,9	584,0	155,1	0,948	1,191
200	364,1	503,3	161,9	431,3	581,4	150,1	0,951	1,187
202	364,9	497,5	166,3	433,8	578,5	144,7	0,955	1,182
204	365,7	490,2	171,0	436,4	575,6	139,2	0,959	1,177
206	366,6	483,1	175,9	438,9	572,6	133,7	0,963	1,172
208	367,4	476,2	181,2	441,7	569,4	127,7	0,967	1,166
210	368,2	469,5	186,9	444,5	565,9	121,4	0,971	1,161
212	369,0	460,8	193,2	447,6	562,2	114,6	0,976	1,154
214	369,7	452,5	200,2	450,8	558,2	107,4	0,981	1,148
216	370,5	442,5	208	454,2	553,8	99,6	0,986	1,141
218	371,3	433	216	458,6	548,2	89,6	0,992	1,132
220	372,1	420	229	463,0	542,3	79,3	0,999	1,122
222	372,8	405	242	468,0	535,3	67,3	1,007	1,111
224	373,6	374	268	479,0	524,7	45,7	1,024	1,088
225,6	374,2	307	307	501,5	501,5	0	1,058	1,058

Таблица 6-2. Удельный вес γ кГ/м³ воды и перегретого пара в зависимости от p кГ/см² и t °С

Значения γ для воды и перегретого пара отделены в таблице жирной линией, линейная интерполяция через которую недопустима. Данные для составления этой таблицы взяты из книги: М. П. Вукалович, Термодинамические свойства воды и водяного пара, М., 1958.

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	999,8	999,9	999,9	1000,0	1000,1	1000,1	1000,1	1000,2	1000,3
10	999,7	999,7	999,8	999,8	999,9	999,9	1000,0	1000,0	1000,1
20	998,2	998,2	998,3	998,3	998,4	998,4	998,5	998,5	998,5
30	995,6	995,7	995,7	995,8	995,7	995,9	995,9	996,0	996,0
40	992,2	992,3	992,3	992,4	992,4	992,4	992,4	992,4	992,6
50	988,0	988,1	988,1	988,2	988,2	988,3	988,3	988,3	988,4
60	983,3	983,3	983,4	983,4	983,5	983,5	983,5	983,5	983,5
70	977,8	977,8	977,8	977,9	978,0	978,0	978,0	978,1	978,2
80	971,9	971,9	972,0	972,0	972,1	972,1	972,2	972,2	972,3
90	965,3	965,4	965,4	965,5	965,5	965,6	965,6	965,7	965,7
100	0,578	958,3	958,4	958,5	958,5	958,6	958,6	958,7	958,7
110	0,561	951,0	951,0	951,1	951,1	951,2	951,2	951,3	951,3
120	0,546	1,108	943,2	943,2	943,3	943,3	943,4	943,4	943,5
130	0,532	1,076	934,8	934,8	934,9	934,9	935,0	935,0	931,1
140	0,519	1,048	1,588	926,1	926,2	926,2	926,3	926,4	926,4
150	0,506	1,021	1,545	2,081	916,9	916,9	917,1	917,1	917,2
160	0,494	0,997	1,505	2,024	2,553	3,094	907,4	907,4	907,5
170	0,483	0,973	1,468	1,972	2,485	3,007	3,537	4,082	897,4
180	0,472	0,950	1,434	1,924	2,422	2,927	3,441	3,962	4,492
190	0,462	0,928	1,400	1,879	2,363	2,854	3,352	3,855	4,365
200	0,452	0,908	1,369	1,836	2,307	2,785	3,269	3,756	4,250
210	0,442	0,889	1,339	1,794	2,254	2,720	3,191	3,664	4,144
220	0,433	0,870	1,310	1,755	2,204	2,657	3,116	3,578	4,045
230	0,424	0,852	1,283	1,718	2,156	2,599	3,046	3,496	3,951
240	0,416	0,835	1,257	1,682	2,111	2,543	2,980	3,419	3,862

Продолжение

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	0,408	0,819	1,232	1,648	2,068	2,490	2,916	3.344	3,778
260	0,400	0,803	1,208	1,616	2,026	2,440	2,856	3,274	3,698
270	0,393	0,788	1,184	1,584	1,987	2,392	2,799	3,208	3,622
280	0,385	0,770	1,162	1,554	1,949	2,345	2,744	3,145	3,549
290	0,378	0,759	1,141	1,526	1,912	2,301	2,692	3,084	3,479
300	0,372	0,746	1,121	1,498	1,877	2,258	2,642	3,026	3,413
310	0,365	0,733	1,101	1,471	1,844	2,218	2,593	2,970	3,350
320	0,359	0,720	1,082	1,446	1,811	2,178	2,547	2,916	3,289
330	0,353	0,708	1,063	1,421	1,780	2,140	2,502	2,865	3,231
340	0,347	0,696	1,046	1,397	1,750	2,104	2,459	2,815	3,175
350	0,342	0,684	1,028	1,374	1,720	2,069	2,418	2,768	3,120
360	0,336	0,673	1,012	1,352	1,693	2,034	2,378	2,722	3,067
370	0,331	0,663	0,996	1,330	1,665	2,002	2,339	2,677	3,016
380	0,326	0,653	0,980	1,309	1,639	1,970	2,301	2,634	2,968
390	0,321	0,643	0,965	1,289	1,614	1,939	2,266	2,593	2,921
400	0,316	0,633	0,951	1,270	1,589	1,909	2,231	2,552	2,876
410	0,312	0,624	0,936	1,251	1,565	1,880	2,197	2,514	2,831
420	0,307	0,615	0,924	1,232	1,542	1,852	2,164	2,476	2,789
430	0,303	0,606	0,910	1,215	1,520	1,825	2,132	2,440	2,748
440	0,298	0,598	0,897	1,197	1,498	1,799	2,101	2,404	2,708
450	0,294	0,589	0,884	1,180	1,477	1,774	2,072	2,370	2,669
460	0,290	0,581	0,872	1,164	1,456	1,749	2,042	2,336	2,632
470	0,286	0,573	0,860	1,148	1,436	1,725	2,014	2,304	2,595
480	0,282	0,566	0,848	1,133	1,417	1,702	1,987	2,273	2,560
490	0,279	0,558	0,838	1,118	1,398	1,679	1,960	2.242	2,525
500	0,275	0,551	0,826	1,103	1,380	1,657	1,935	2,213	2,491

Продолжение

t \ p	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	1000,3	1000,4	1000,4	1000,5	1,0005	1000,6	1000,6	1000,7	1000,7
10	1000,1	1000,2	1000,2	1000,2	1000,3	1000,3	1000,4	1000,4	1000,5
20	998,5	998,5	998,7	998,7	998,8	998,8	998,9	998,9	999,0
30	996,0	996,1	996,1	996,2	996,2	996,3	996,3	996,4	996,4
40	992,6	992,6	992,6	992,8	992,8	992,8	992,8	992,8	993,0
50	988,4	988,5	988,5	988,6	988,6	988,6	988,7	988,7	988,8
60	983,7	983,7	983,8	983,8	983,9	983,9	984,0	984,0	984,0
70	978,2	978,2	978,3	978,3	978,4	978,4	978,5	978,5	978,6
80	972,3	972,3	972,4	972,4	972,5	972,5	972,6	972,6	972,7
90	965,8	965,8	965,9	965,9	966,0	966,0	966,1	966,1	966,2
100	958,8	958,8	958,9	959,0	959,0	959,0	959,0	959,1	959,2
110	951,4	951,5	951,5	951,6	951,6	951,6	951,6	951,7	951,7
120	943,5	943,6	943,6	943,7	943,8	943,8	943,8	943,8	943,9
130	935,1	935,2	935,3	935,3	935,4	935,4	935,4	935,5	935,5
140	926,4	926,4	926,5	926,6	926,6	926,7	926,7	926,8	926,9
150	917,3	917,3	917,3	917,3	917,4	917,5	917,5	917,6	917,7
160	907,6	907,7	907,7	907,8	907,8	907,8	907,9	908,0	908,0
170	897,5	897,5	897,6	897,7	897,7	897,7	897,8	897,9	898,0
180	5,03	887,0	887,1	887,1	887,2	887,2	887,3	887,4	887,5
190	4,888	5,420	5,959	876,0	876,1	876,2	876,3	876,3	876,3
200	4,755	5,263	5,787	6,313	6,849	7,396	864,7	864,8	864,8
210	4,632	5,123	5,627	6,135	6,644	7,168	7,692	8,244	8,787
220	4,517	4,995	5,479	5,970	6,464	6,964	7,474	7,994	8,511
230	4,409	4,876	5,342	5,817	6,297	6,780	7,273	7,770	8,271
240	4,308	4,762	5,214	5,675	6,139	6,609	7,087	7,564	8,052

Продолжение

t \ p	10	11	12	13	14	15	16	17	18
250	4,212	4,653	5,094	5,543	5,992	6,452	6,911	7,375	7,843
260	4,122	4,552	4,982	5,417	5,855	6,301	6,748	7,199	7,651
270	4,037	4,454	4,876	5,299	5,727	6,158	6,592	7,032	7,474
280	3,954	4,363	4,773	5,187	5,605	6,024	6,447	6,873	7,305
290	3,876	4,275	4,677	5,081	5,488	5,896	6,309	6,725	7,143
300	3,802	4,191	4,585	4,980	5,379	5,777	6,180	6,583	6,993
310	3,730	4,112	4,498	4,885	5,274	5,662	6,057	6,452	6,849
320	3,662	4,036	4,415	4,794	5,173	5,552	5,942	6,325	6,711
330	3,597	3,964	4,336	4,708	5,079	5,456	5,831	6,207	6,583
340	3,535	3,894	4,253	4,623	4,988	5,356	5,724	6,094	6,460
350	3,473	3,827	4,184	4,541	4,900	5,260	5,621	5,984	6,341
360	3,414	3,762	4,112	4,462	4,810	5,165	5,522	5,879	6,230
370	3,357	3,700	4,042	4,386	4,730	5,076	5,426	5,774	6,124
380	3,302	3,639	3,976	4,314	4,651	4,992	5,333	5,675	6,020
390	3,250	3,580	3,911	4,244	4,577	4,912	5,246	5,580	5,921
400	3,199	3,524	3,849	4,177	4,504	4,831	5,163	5,491	5,824
410	3,150	3,469	3,791	4,112	4,433	4,755	5,079	5,405	5,731
420	3,103	3,416	3,733	4,048	4,365	4,682	5,000	5,319	5,640
430	3,056	3,366	3,676	3,987	4,299	4,610	4,924	5,238	5,552
440	3,012	3,317	3,622	3,928	4,235	4,543	4,850	5,160	5,467
450	2,968	3,269	3,570	3,871	4,174	4,476	4,780	5,084	5,388
460	2,926	3,223	3,519	3,815	4,114	4,411	4,710	5,010	5,308
470	2,886	3,178	3,470	3,762	4,055	4,350	4,642	4,938	5,233
480	2,846	3,134	3,419	3,709	3,998	4,288	4,579	4,868	5,160
490	2,808	3,091	3,376	3,659	3,943	4,228	4,515	4,801	5,089
500	2,771	3,050	3,330	3,610	3,891	4,172	4,454	4,735	5,020

Продолжение

t \ p	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	1000,8	1000,8	1000,9	1000,9	1001,0	1001,0	1001,1	1001,1	1001,2
10	1000,5	1000,6	1000,6	1000,7	1000,7	1000,8	1000,8	1000,8	1000,9
20	999,0	999,0	999,1	999,1	999,2	999,2	999,3	999,3	999,3
30	996,4	996,5	996,5	996,6	996,6	996,7	996,7	996,7	996,8
40	993,0	993,0	993,0	993,1	993,1	993,1	993,2	993,2	993,3
50	988,8	988,9	988,9	989,0	989,0	989,1	989,1	989,1	989,2
60	984,0	984,2	984,2	984,2	984,2	984,2	984,3	984,3	984,4
70	978,6	978,7	978,7	978,8	978,8	978,8	978,8	979,0	979,0
80	972,7	972,8	972,8	972,8	972,9	973,0	973,0	973,0	973,1
90	966,3	966,3	966,3	966,4	966,4	966,5	966,5	966,6	966,6
100	959,2	959,2	959,3	959,3	959,4	959,4	959,5	959,5	959,6
110	951,8	951,8	951,9	951,9	952,0	952,0	952,1	952,1	952,2
120	943,9	944,0	944,0	944,1	944,1	944,2	944,2	944,3	944,3
130	935,6	935,6	935,7	935,7	935,8	935,9	935,9	936,0	936,0
140	926,9	927,0	927,0	927,0	927,1	927,1	927,2	927,2	927,3
150	917,7	917,8	917,8	917,8	917,9	918,0	918,0	918,1	918,2
160	908,1	908,2	908,2	908,3	908,3	908,4	908,4	908,5	908,6
170	898,0	898,1	898,1	898,2	898,2	898,3	898,4	898,5	898,5
180	887,5	887,5	887,6	887,7	887,7	887,8	887,9	887,9	888,0
190	876,4	876,5	876,6	876,6	876,7	876,8	876,9	877,0	877,0
200	864,9	865,0	865,0	865,1	865,2	865,3	865,4	865,4	865,5
210	9,337	852,8	852,9	853,0	853,1	853,2	853,2	853,3	853,4
220	9,050	9,588	10,11	10,67	11,23	840,3	840,4	840,5	840,6
230	8,780	9,285	9,804	10,32	10,86	11,41	11,96	12,52	13,09
240	8,532	9,025	9,524	10,12	10,53	11,05	11,57	12,10	12,64
250	8,306	8,787	9,268	9,756	10,24	10,73	11,23	11,74	12,25
260	8,10	8,56	9,03	9,50	9,97	10,44	10,92	11,41	11,90

Продолжение

t \ p	19	20	21	22	23	24	25	26	27
270	7,90	8,35	8,81	9,27	9,73	10,17	10,63	11,10	11,58
280	7,73	8,16	8,60	9,04	9,50	9,93	10,37	10,83	11,28
290	7,56	7,98	8,41	8,83	9,27	9,70	10,13	10,57	11,01
300	7,40	7,81	8,22	8,64	9,06	9,48	9,90	10,33	10,76
310	7,25	7,64	8,05	8,45	8,86	9,27	9,68	10,10	10,52
320	7,10	7,50	7,89	8,28	8,68	9,07	9,48	9,89	10,29
330	6,96	7,35	7,73	8,12	8,51	8,90	9,28	9,69	10,08
340	6,83	7,22	7,59	7,97	8,35	8,73	9,11	9,50	9,88
350	6,71	7,08	7,45	7,82	8,19	8,56	8,93	9,31	9,68
360	6,59	6,95	7,31	7,67	8,04	8,40	8,76	9,13	9,50
370	6,47	6,82	7,18	7,54	7,89	8,25	8,60	8,96	9,33
380	6,36	6,71	7,06	7,40	7,75	8,10	8,45	8,80	9,16
390	6,25	6,60	6,93	7,28	7,62	7,96	8,30	8,64	8,99
400	6,15	6,48	6,82	7,16	7,49	7,83	8,16	8,50	8,83
410	6,06	6,38	6,71	7,04	7,37	7,70	8,03	8,35	8,69
420	5,96	6,28	6,60	6,92	7,25	7,58	7,90	8,22	8,55
430	5,87	6,18	6,50	6,82	7,14	7,46	7,77	8,09	8,41
440	5,78	6,09	6,40	6,71	7,02	7,34	7,64	7,96	8,28
450	5,69	6,00	6,30	6,61	6,92	7,22	7,53	7,84	8,15
460	5,61	5,91	6,21	6,51	6,82	7,12	7,42	7,72	8,02
470	5,53	5,82	6,12	6,42	6,72	7,02	7,32	7,61	7,91
480	5,45	5,74	6,04	6,33	6,62	6,92	7,21	7,50	7,79
490	5,38	5,66	5,95	6,24	6,53	6,82	7,11	7,40	7,69
500	5,30	5,59	5,87	6,15	6,44	6,72	7,01	7,29	7,58
510	5,23	5,51	5,79	6,07	6,35	6,63	6,92	7,19	7,47
520	5,16	5,43	5,71	5,99	6,26	6,54	6,82	7,10	7,37
530	5,09	5,36	5,64	5,91	6,18	6,46	6,73	7,00	7,27
540	5,02	5,30	5,56	5,83	6,10	6,37	6,64	6,91	7,18
550	4,96	5,23	5,49	5,75	6,02	6,28	6,55	6,82	7,09

Продолжение

p / t	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	1001,2	1001,3	1001,3	1001,4	1001,4	1001,5	1001,5	1001,6	1001,6
10	1000,9	1001,0	1001,0	1001,1	1001,1	1001,2	1001,2	1001,3	1001,3
20	999,4	999,4	999,5	999,5	999,6	999,6	999,7	999,7	999,7
30	996,8	996,9	996,9	997,0	997,0	997,1	997,1	997,1	997,2
40	993,3	993,4	993,4	993,5	993,5	993,5	993,6	993,6	993,7
50	989,2	989,3	989,3	989,4	989,4	989,4	989,5	989,5	989,6
60	984,4	984,5	984,5	984,5	984,6	984,6	984,7	984,7	984,8
70	979,0	979,1	979,1	979,1	979,2	979,2	979,3	979,3	979,3
80	973,1	973,1	973,2	973,2	973,2	973,3	973,3	973,4	973,4
90	966,6	966,6	966,7	966,7	966,8	966,8	966,9	966,9	967,0
100	959,7	959,7	959,8	959,8	959,9	959,9	960,0	960,0	960,1
110	952,2	952,3	952,3	952,4	952,4	952,5	952,6	952,6	952,6
120	944,4	944,5	944,5	944,6	944,6	944,6	944,6	944,7	944,7
130	936,1	936,1	936,2	936,2	936,2	936,3	936,3	936,4	936,5
140	927,4	927,4	927,5	927,5	927,6	927,6	927,6	927,7	927,7
150	918,2	918,3	918,3	918,4	918,4	918,5	918,5	918,6	918,7
160	908,6	908,7	908,8	908,8	908,8	908,9	908,9	909,0	909,1
170	898,6	898,6	898,7	898,7	898,8	898,9	899,0	899,0	899,0
180	888,1	888,1	888,2	888,2	888,3	888,4	888,5	888,5	888,6
190	877,0	877,1	877,2	877,3	877,3	877,4	877,5	877,6	877,6
200	865,5	865,6	865,6	865,7	865,8	865,9	866,0	866,0	866,1
210	853,5	853,5	853,6	853,7	853,8	853,8	853,9	854,0	854,0
220	840,7	840,8	840,9	841,0	841,0	841,1	841,2	841,3	841,4
230	13,67	827,3	827,4	827,5	827,6	827,7	827,8	827,9	828,0
240	13,19	13,74	14,31	14,88	15,47	16,06	16,67	813,7	813,8
250	12,77	13,30	13,83	14,37	14,92	15,48	16,04	16,61	17,19
260	12,40	12,90	13,41	13,92	14,44	14,96	15,50	16,04	16,59

Продолжение

t \ p	28	29	30	31	32	33	34	35	36
270	12,06	12,54	13,02	13,52	14,01	14,51	15,02	15,54	16,06
280	11,74	12,21	12,68	13,15	13,62	14,10	14,59	15,08	15,58
290	11,45	11,90	12,35	12,81	13,27	13,73	14,20	14,67	15,14
300	11,18	11,62	12,06	12,50	12,94	13,38	13,84	14,29	14,74
310	10,93	11,35	11,78	12,21	12,64	13,07	13,50	13,94	14,38
320	10,70	11,11	11,52	11,93	12,35	12,77	13,19	13,62	14,04
330	10,47	10,87	11,28	11,68	12,08	12,49	12,90	13,31	13,73
340	10,26	10,65	11,04	11,44	11,83	12,23	12,63	13,03	13,43
350	10,06	10,44	10,82	11,20	11,59	11,98	12,37	12,76	13,15
360	9,88	10,24	10,61	10,99	11,37	11,74	12,12	12,50	12,89
370	9,70	10,05	10,42	10,78	11,15	11,52	11,89	12,26	12,63
380	9,51	9,87	10,22	10,58	10,94	11,30	11,66	12,03	12,39
390	9,34	9,69	10,04	10,39	10,74	11,10	11,45	11,81	12,16
400	9,18	9,52	9,87	10,21	10,56	10,90	11,25	11,60	11,95
410	9,03	9,36	9,70	10,04	10,37	10,71	11,05	11,39	11,74
420	8,88	9,21	9,54	9,87	10,20	10,53	10,87	11,20	11,53
430	8,73	9,06	9,38	9,71	10,04	10,36	10,69	11,02	11,34
440	8,59	8,91	9,22	9,55	9,86	10,19	10,52	10,84	11,16
450	8,46	8,77	9,08	9,40	9,71	10,03	10,35	10,66	10,98
460	8,33	8,64	8,94	9,26	9,56	9,87	10,19	10,50	10,81
470	8,22	8,52	8,82	9,12	9,42	9,73	10,03	10,34	10,64
480	8,10	8,40	8,69	8,99	9,28	9,59	9,88	10,18	10,48
490	7,98	8,28	8,56	8,86	9,15	9,45	9,74	10,03	10,33
500	7,87	8,16	8,44	8,74	9,02	9,32	9,61	9,89	10,18
510	7,76	8,04	8,33	8,62	8,90	9,19	9,47	9,76	10,04
520	7,66	7,94	8,21	8,50	8,77	9,06	9,34	9,62	9,90
530	7,55	7,82	8,10	8,38	8,65	8,93	9,21	9,49	9,76
540	7,45	7,72	7,99	8,26	8,53	8,80	9,07	9,35	9,62
550	7,35	7,62	7,88	8,15	8,42	8,69	8,95	9,23	9,50

Продолжение

t \ p	38	40	42	44	46	48	50	52	54
0	1001,7	1001,8	1001,9	1002,0	1002,1	1002,2	1002,3	1002,4	1002,5
20	999,8	999,9	1000,0	1000,1	1000,2	1000,3	1000,3	1000,4	1000,5
40	993,7	993,8	993,9	994,0	994,1	994,2	994,3	994,3	994,4
60	984,9	985,0	985,0	985,1	985,2	985,3	985,4	985,6	985,6
80	973,5	973,6	973,7	973,8	973,9	974,0	974,1	974,2	974,3
100	960,2	960,2	960,3	960,4	960,5	960,6	960,7	960,8	960,9
120	944,9	945,0	945,1	945,2	945,3	945,4	945,4	945,5	945,6
140	927,9	928,0	928,1	928,2	928,3	928,4	928,5	928,6	928,7
160	909,2	909,3	909,4	909,6	909,7	909,8	909,9	910,0	910,1
180	888,7	888,8	889,0	889,1	889,2	889,3	889,4	889,6	889,7
200	866,2	866,4	866,6	866,7	866,8	867,0	867,2	867,3	867,4
210	854,3	854,4	854,6	854,7	854,8	855,0	855,1	855,3	855,4
220	841,5	841,8	841,9	842,1	842,2	842,4	842,6	842,7	842,9
230	828,2	828,4	828,6	828,8	828,9	829,1	829,3	829,5	829,7
240	814,0	814,2	814,4	814,7	814,9	815,1	815,3	815,5	815,7
250	18,39	19,62	799,4	799,6	799,9	800,1	800,3	800,5	800,8
260	17,71	18,86	20,05	21,27	22,54	784,0	784,2	784,5	784,8
270	17,11	18,20	19,31	20,45	21,61	22,82	24,06	25,35	26,65
280	16,58	17,61	18,66	19,73	20,82	21,94	23,09	24,28	25,49
290	16,10	17,08	18,08	19,09	20,12	21,18	22,26	23,36	24,49
300	15,67	16,60	17,56	18,52	19,50	20,50	21,52	22,56	23,62
310	15,27	16,17	17,09	18,01	18,95	19,91	20,88	21,86	22,87
320	14,90	15,78	16,66	17,55	18,45	19,37	20,30	21,24	22,19
330	14,56	15,41	16,26	17,12	18,00	18,88	19,77	20,68	21,59
340	14,24	15,07	15,89	16,73	17,57	18,43	19,28	20,16	21,04
350	13,94	14,74	15,54	16,36	17,18	18,00	18,83	19,68	20,53
360	13,66	14,44	15,22	16,01	16,80	17,60	18,41	19,23	20,05
370	13,39	14,14	14,91	15,57	16,45	17,23	18,01	18,80	19,60

Продолжение

p / t	38	40	42	44	46	48	50	52	54
380	13,13	13,86	14,61	15,36	16,11	16,87	17,63	18,40	19,18
390	12,88	13,60	14,33	15,06	15,79	16,53	17,28	18,02	18,78
400	12,65	13,35	14,06	14,77	15,49	16,21	16,94	17,67	18,40
410	12,42	13,11	13,80	14,50	15,20	15,90	16,62	17,33	18,04
420	12,21	12,88	13,56	14,24	14,93	15,62	16,31	17,01	17,70
430	12,00	12,66	13,33	14,00	14,67	15,34	16,02	16,70	17,38
440	11,80	12,45	13,10	13,76	14,42	15,07	15,74	16,40	17,08
450	11,61	12,25	12,89	13,53	14,17	14,82	15,48	16,12	16,79
460	11,43	12,06	12,68	13,31	13,94	14,58	15,22	15,86	16,50
470	11,25	11,87	12,48	13,10	13,72	14,35	14,97	15,60	16,23
480	11,08	11,69	12,29	12,90	13,51	14,12	14,74	15,35	15,97
490	10,92	11,51	12,11	12,71	13,31	13,91	14,50	15,11	15,72
500	10,76	11,34	11,93	12,52	13,11	13,70	14,29	14,88	15,48
510	10,61	11,18	11,76	12,34	12,91	13,50	14,08	14,66	15,25
520	10,46	11,02	11,59	12,16	12,73	13,30	13,87	14,45	15,03
530	10,32	10,87	11,43	11,99	12,55	13,11	13,68	14,24	14,81
540	10,18	10,72	11,27	11,82	12,37	12,93	13,48	14,04	14,60
550	10,04	10,57	11,12	11,66	12,20	12,75	13,30	13,85	14,40
560	9,90	10,43	10,97	11,50	12,04	12,58	13,12	13,66	14,20
570	9,78	10,30	10,83	11,35	11,88	12,41	12,94	13,48	14,01
580	9,65	10,17	10,69	11,21	11,73	12,25	12,78	13,30	13,83
590	9,53	10,04	10,55	11,07	11,58	12,10	12,61	13,13	13,65
600	9,42	9,92	10,42	10,93	11,44	11,94	12,45	12,97	13,48
610	9,30	9,79	10,30	10,80	11,30	11,80	12,30	12,81	13,31
620	9,19	9,67	10,17	10,67	11,16	11,66	12,15	12,65	13,15
630	9,08	9,55	10,05	10,54	11,03	11,52	12,01	12,50	12,99
640	8,98	9,44	9,94	10,42	10,90	11,38	11,87	12,35	12,84
650	8,87	9,34	9,82	10,30	10,77	11,25	11,73	12,21	12,69

Продолжение

t \ p	56	58	60	62	64	66	68	70	72
0	1002,6	1002,7	1002,8	1002,9	1003,0	1003,1	1003,2	1003,3	1003,4
20	1000,6	1000,7	1000,8	1000,9	1001,0	1001,0	1001,1	1001,2	1001,3
40	994,5	994,6	994,7	994,8	994,9	994,9	995,0	995,1	995,2
60	985,6	985,7	985,8	985,9	986,0	986,1	986,2	986,3	896,4
80	974,4	974,4	974,5	974,6	974,6	974,7	974,8	974,9	975,0
100	961,0	961,1	961,2	961,3	961,4	961,4	961,5	961,6	961,7
120	945,7	945,8	945,9	946,0	946,1	946,2	946,3	946,4	946,5
140	928,8	928,9	929,0	929,1	929,2	929,3	929,4	929,5	929,6
160	910,2	910,3	910,4	910,6	910,7	910,8	910,9	911,0	911,2
180	889,8	890,0	890,1	890,2	890,4	890,5	890,6	890,8	890,9
200	867,6	867,8	867,9	868,0	868,1	818,3	868,4	868,6	868,7
210	855,6	855,8	855,9	856,1	856,2	856,4	856,5	856,7	856,8
220	843,1	843,2	843,4	843,6	843,7	843,9	844,1	844,2	844,4
230	829,9	830,0	830,2	830,4	830,6	830,8	830,9	831,1	831,3
240	815,9	816,1	816,3	816,5	816,7	816,9	817,1	817,3	817,5
250	801,0	801,2	801,4	801,7	801,9	802,2	802,4	802,6	802,8
260	785,0	785,3	785,6	785,8	786,1	786,3	786,6	786,8	787,1
270	28,01	768,2	768,4	768,7	769,0	769,3	769,6	769,9	770,2
280	26,74	28,03	29,37	30,72	32,13	750,8	751,1	751,4	751,8
290	25,65	26,84	28,07	29,31	30,59	31,93	33,29	34,71	36,15
300	24,71	25,82	26,95	28,11	29,28	30,50	31,74	33,01	34,34
310	23,88	24,92	25,99	27,07	28,17	29,30	30,44	31,62	32,88
320	23,16	24,14	25,15	26,17	27,20	28,26	29,32	30,42	31,54
330	22,51	23,45	24,41	25,37	26,36	27,35	28,35	29,38	30,43
340	21,93	22,82	23,74	24,67	25,60	26,55	27,50	28,47	29,46
350	21,39	22,25	23,13	24,02	24,91	25,82	26,73	27,66	28,60
360	20,88	21,71	22,56	23,42	24,28	25,15	26,03	26,92	27,82
370	20,41	21,22	22,04	22,87	23,69	24,53	25,39	26,25	27,11

Продолжение

t \ p	56	58	60	62	64	66	68	70	72
380	19,96	20,75	21.54	22,35	23,15	23,96	24,80	25,62	26,45
390	19,54	20,30	21,08	21,86	22,64	23,42	24,24	25,04	25,83
400	19,14	19,89	20,64	21,40	22,16	22,92	23,71	24,48	25,26
410	18,77	19,50	20,23	20,97	21,71	22.45	23.21	23,96	24,72
420	18,41	19,12	19,83	20,56	21,28	22,00	22,74	23,47	24,21
430	18,07	18.77	19,46	20,17	20,87	21.58	22,29	23,01	23.72
440	17,75	18,43	19,11	19,80	20,48	21,18	21,87	22.57	23.27
450	17,44	18,11	18,77	19,44	20,12	20,79	21,47	22,16	22,84
460	17,15	17,80	18,45	19,10	19,77	20,43	21.09	21,76	22,43
470	16,87	17,50	18,14	18,78	19,43	20,08	20,73	21,38	22,03
480	16,59	17,22	17,84	18,47	19,10	19,74	20,38	21.01	21,65
490	16,33	16,95	17,56	18,18	18,80	19,42	20,05	20,66	21,29
500	16,08	16,68	17,29	17,90	18,50	19,11	19,73	20,33	20,95
510	15,84	16,43	17,02	17,62	18,22	18,81	19,42	20,02	20,62
520	15,61	16,19	16,77	17,36	17,94	18,53	19,12	19,71	20,30
530	15,38	15,95	16,53	17,10	17,68	18,26	18,84	19,42	20,00
540	15,16	15,72	16,29	16,85	17,42	17,99	18,56	19,13	19,79
550	14,95	15,50	16,06	16,61	17,17	17,73	18,29	18,85	19,42
560	14,75	15,29	15,84	16,38	16,93	17,48	18,03	18,58	19,14
570	14,55	15,08	15,62	16,16	16,70	17,24	17,78	18,32	18,87
580	14,36	14,88	15,41	15,95	16,48	17,01	17,54	18,08	18,62
590	14,17	14,69	15,21	15,74	16,26	16,79	17,31	17,84	18,37
600	13,99	14,50	15,02	15,54	16,05	16,57	17,09	17,61	18,13
610	13.82	14,32	14,83	15,34	15,85	16,36	16,87	17,39	17,90
620	13,65	14,15	14,65	15,15	15,65	16,16	16,67	17,17	17,68
630	13,48	13,98	14,47	14,97	15,46	15,96	16,46	16,96	17,46
640	13,32	13,81	14,30	14,79	15,27	15,77	16,26	16,75	17,24
650	13,17	13,65	14,13	14,61	15,09	15,58	16,07	16,55	17,04

Продолжение

t \ p	74	76	78	80	82	84	86	88	90
0	1003,5	1003,6	1003,7	1003,8	1003,9	1004,0	1004,1	1004,2	1004,3
20	1001,4	1001,5	1001,6	1001,7	1001,7	1001,8	1001,9	1002,0	1002,1
40	995,3	995,4	995,5	995,5	995,6	995,7	995,8	995,9	996,0
60	986,5	986,5	986,6	986,7	986,8	986,9	987,0	987,1	987,2
80	975,1	975,2	975,3	975,4	975,5	975,5	975,6	975,7	975,8
100	961,8	961,9	962,0	962,1	962,2	962,3	962,4	962,5	962,6
120	946,6	946,7	946,8	946,9	947,0	947,1	947,1	947,2	947,3
140	929,7	929,8	929,9	930,0	930,1	930,2	930,3	930,5	930,6
160	911,2	911,3	911,4	911,6	911,7	911,8	911,9	912,0	912,2
180	891,0	891,1	891,2	891,3	891,5	891,6	891,7	891,9	892,0
200	868,9	869,0	869,1	869,3	869,4	869,6	869,7	869,9	870,0
210	857,0	857,2	857,3	857,5	857,6	857,8	857,9	858,1	858,2
220	844,6	844,7	844,9	845,1	845,2	845,4	845,6	845,7	845,9
230	831,5	831,7	831,8	832,0	832,2	832,4	832,6	832,8	932,9
240	817,7	817,9	818,1	818,3	818,5	818,7	818,9	819,1	819,3
250	803,0	803,3	803,5	803,7	803,9	804,2	804,4	804,6	804,8
260	787,3	787,6	787,8	788,1	788,3	788,6	788,8	789,1	789,3
270	770,4	770,7	771,0	771,3	771,6	771,8	772,1	772,4	772,7
280	752,1	752,5	752,8	753,1	753,4	753,7	754,0	754,4	754,7
290	37,65	732,4	732,8	733,1	733,5	733,9	734,3	734,7	735,1
300	35,69	37,08	38,49	39,95	41,49	43,10	44,78	712,6	713,1
310	34,06	35,32	36,60	37,95	39,26	40,72	42,12	43,61	45,19
320	32,69	33,86	35,04	36,27	37,47	38,80	40,08	41,42	42,81
330	31,50	32,62	33,69	34,84	35,98	37,17	38,37	39,59	40,85
340	30,47	31,52	32,52	33,60	34,67	35,76	36,89	38,01	39,17
350	29,55	30,53	31,49	32,51	33,51	34,54	35,59	36,64	37,71
360	28,73	29,66	30,57	31,54	34,48	33,46	34,45	35,44	36,43
370	27,98	28,87	29,75	30,66	31,56	32,49	33,43	34,36	35,31

Продолжение

t \ p	74	76	78	80	82	84	86	88	90
380	27,29	28,14	29,00	29,87	30,73	31,62	32,52	33,41	34,32
390	26,64	27,47	28,30	29,14	29,97	30,83	31,63	32,54	33,41
400	26,06	26,84	27,65	28,46	29,26	30,08	30,91	31,74	32,57
410	25,49	26,26	27,03	27,82	28,60	29,39	30,19	30,99	31,80
420	24,96	25,71	26,46	27,22	27,98	28,75	29,52	30,29	31,08
430	24,46	25,18	25,92	26,65	27,40	28,14	28,90	29,65	30,40
440	23,98	24,69	25,41	26,12	26,84	27,57	28,31	29,04	29,77
450	23,53	24,22	24,92	25,62	26,32	27,03	27,75	28,46	29,17
460	23,10	23,78	24,46	25,14	25,83	26,51	27,22	27,91	28,60
470	22,69	23,36	24,02	24,69	25,35	26,02	26,72	27,39	28,07
480	22,30	22,96	23,60	24,26	24,91	25,56	26,23	26,90	27,56
490	21,93	22,57	23,20	23,84	24,48	25,11	25,77	26,43	27,07
500	21,57	22,20	22,82	23,45	24,07	24,69	25,34	25,97	26,61
510	21,21	21,84	22,45	23,07	23,68	24,29	24,92	25,54	26,17
520	20,90	21,50	22,10	22,70	23,30	23,91	24,52	25,13	25,75
530	20,59	21,17	21,76	22,35	22,95	23,53	24,13	24,73	25,34
540	20,28	20,86	21,44	22,02	22,60	23,18	23,76	24,35	24,94
550	19,98	20,55	21,12	21,69	22,26	22,83	23,41	23,98	24,56
560	19,70	20,26	20,81	21,38	21,93	22,50	23,06	23,62	24,20
570	19,42	19,97	20,52	21,07	21,62	22,17	22,73	23,28	23,84
580	19,16	19,69	20,23	20,78	21,32	21,86	22,41	22,96	23,51
590	18,90	19,43	19,96	20,50	21,03	21,56	22,10	22,64	23,18
600	18,66	19,18	19,70	20,23	20,76	21,28	21,81	22,34	22,87
610	18,42	18,93	19,45	19,96	20,49	21,00	21,52	22,04	22,57
620	18,18	18,70	19,20	19,71	20,23	20,73	21,24	21,76	22,28
630	17,96	18,46	18,96	19,46	19,97	20,47	20,98	21,49	22,00
640	17,74	18,23	18,73	19,22	19,72	20,21	20,72	21,22	21,72
650	17,52	18,01	18,50	18,99	19,48	19,97	20,46	20,96	21,45

Продолжение

t \ p	92	94	96	98	100	105	110	115	120
0	1004,4	1004,5	1004,6	1004,7	1004,8	1005,0	1005,2	1005,5	1005,8
20	1002,2	1002,3	1002,4	1002,4	1002,5	1002,7	1002,9	1003,2	1003,4
40	996,1	996,2	996,2	996,3	996,4	996,6	996,8	997,0	997,2
60	987,2	987,3	987,4	987,4	987,6	987,8	987,9	988,2	988,4
80	975,9	976,0	976,1	976,2	976,3	976,5	976,6	976,9	977,1
100	962,6	962,7	962,8	962,9	963,0	963,2	963,4	963,7	963,8
120	947,5	947,6	947,7	947,8	947,9	948,0	948,3	948,6	948,8
140	930,7	930,8	930,9	931,0	931,1	931,4	931,5	931,8	932,1
160	912,2	912,3	912,4	912,6	912,6	913,0	913,2	913,5	913,8
180	892,1	892,2	892,4	892,4	892,6	892,9	893,2	893,6	893,8
200	870,2	870,3	870,4	870,5	870,7	871,1	871,4	871,8	872,1
210	858,4	858,5	858,7	858,8	859,0	859,3	859,8	860,1	860,5
220	846,1	846,2	846,4	846,6	846,7	847,1	847,5	848,0	848,3
230	833,1	833,3	833,5	833,7	833,8	834,2	834,7	835,1	835,6
240	819,5	819,7	819,9	820,0	820,2	820,7	821,2	821,7	822,2
250	805,0	805,2	805,5	805,7	805,9	806,4	806,9	807,4	808,0
260	789,6	789,8	790,1	790,3	790,5	791,1	791,7	792,3	792,8
270	773,0	773,3	773,5	773,8	774,0	774,8	775,4	776,0	776,7
280	755,0	755,3	755,6	755,9	756,3	757,1	757,9	758,6	759,4
290	735,4	735,8	736,2	736,6	737,0	737,8	738,7	739,6	740,5
300	713,5	714,0	714,4	714,9	715,4	716,5	717,5	718,5	719,6
310	46,80	48,47	50,20	52,06	53,94	692,0	693,5	694,9	696,4
320	44,17	45,60	47,12	48,66	50,30	54,52	59,21	64,52	668,9
330	42,10	43,38	44,74	46,08	47,50	51,20	55,13	59,42	64,10
340	40,34	41,51	42,75	43,96	45,25	48,52	51,95	55,65	59,56
350	38,80	39,90	41,05	42,18	43,35	46,32	49,43	52,71	56,18
360	37,47	38,50	39,57	40,63	41,72	44,48	47,35	50,35	53,48
370	36,28	37,27	38,28	39,28	40,31	42,88	45,56	48,36	51,26

Продолжение

t \ p	92	94	96	98	100	105	110	115	120
380	35,24	36,18	37,13	38,07	39,06	41,53	44,07	46,68	49,41
390	34,29	35,19	36,09	36,98	37,94	40,27	42,66	45,13	47,69
400	33,42	34,28	35,14	36,00	36,91	39,15	41,42	43,78	46,17
410	32,62	33,44	34,27	35,10	35,97	38,11	40,31	42,55	44,84
420	31,87	32,67	33,47	34,27	35,11	37,17	39,29	41,42	43,63
430	31,17	31,95	32,72	33,50	34,30	36,30	38,33	40,39	42,50
440	30,52	31,27	32,02	32,78	33,54	35,47	37,44	39,42	41,46
450	29,90	30,63	31,36	32,09	32,83	34,71	36,60	38,54	40,48
460	29,31	30,02	30,73	31,45	32,16	33,98	35,82	37,68	39,57
470	28,75	29,44	30,14	30,84	31,54	33,30	35,09	36,90	38,73
480	28,22	28,88	29,58	30,26	30,94	32,66	34,41	36,17	37,95
490	27,72	28,37	29,04	29,71	30,38	32,05	33,75	35,46	37,20
500	27,25	27,88	28,54	29,19	29,83	31,48	33,13	34,81	36,50
510	26,79	27,41	28,05	28,69	29,32	30,92	32,54	34,18	35,82
520	26,35	26,97	27,59	28,21	28,83	30,40	31,98	33,58	35,19
530	25,93	26,54	27,14	27,75	28,35	29,89	31,44	33,00	34,58
540	25,53	26,12	26,71	27,31	27,90	29,40	30,92	32,45	33,99
550	25,14	25,72	26,30	26,89	27,46	28,94	30,43	31,93	33,43
560	24,76	25,33	25,90	26,48	27,05	28,50	29,96	31,43	32,90
570	24,40	24,96	25,52	26,08	26,65	28,07	29,50	30,94	32,39
580	24,05	24,60	25,16	25,71	26,27	27,66	29,06	30,48	31,90
590	23,72	24,26	24,81	25,34	25,89	27,26	28,64	30,03	31,43
600	23,40	23,93	24,47	25,01	25,54	26,88	28,24	29,60	30,97
610	23,09	23,62	24,15	24,67	25,20	26,52	27,86	29,20	30,53
620	22,79	23,31	23,83	24,35	24,86	26,17	27,49	28,79	30,11
630	22,50	23,01	23,52	24,03	24,54	25,83	27,12	28,41	29,71
640	22,22	22,72	23,22	23,72	24,22	25,49	26,77	28,03	29,32
650	21,94	22,44	22 94	23,43	23,92	25,16	26,42	27,67	28,94

Продолжение

t \ p	125	130	135	140	145	150	155	160	165
0	1006,0	1006,2	1006,4	1006,7	1006,9	1007,2	1007,5	1007,7	1008,0
20	1003,6	1003,8	1004,0	1004,2	1004,4	1004,6	1004,8	1005,0	1005,3
40	997,4	997,6	997,9	998,1	998,3	998,5	998,7	998,9	999,1
60	988,6	988,8	989,0	989,2	989,4	989,7	989,9	990,1	990,3
80	977,3	977,6	977,8	978,0	978,2	978,4	978,7	978,8	979,0
100	964,1	964,3	964,5	964,8	965,0	965,2	965,4	965,6	965,9
120	949,0	949,2	949,5	949,8	950,0	950,2	950,5	950,7	950,9
140	932,4	932,6	932,8	933,1	933,4	933,6	933,9	934,1	934,4
160	914,1	914,3	914,6	914,9	915,2	915,4	915,8	916,0	916,2
180	894,1	894,4	894,8	895,1	895,4	895,6	896,0	896,3	896,5
200	872,4	872,8	873,1	873,5	873,8	874,2	874,6	874,9	875,2
210	860,9	861,2	861,6	862,0	862,4	862,7	863,1	863,4	863,8
220	848,8	849,1	849,5	849,9	850,3	850,7	851,1	851,5	851,9
230	836,0	836,5	836,9	837,3	837,7	838,2	838,6	839,0	839,4
240	822,6	823,1	823,6	824,0	824,5	824,9	825,4	825,9	826,3
250	808,5	809,0	809,5	810,0	810,5	811,0	811,6	812,1	812,5
260	793,5	794,0	794,6	795,2	795,7	796,3	796,9	797,4	798,0
270	777,4	778,0	778,7	779,3	780,0	780,6	781,2	781,8	782,4
280	760,1	760,9	761,6	762,3	763,0	763,7	764,4	765,1	765,8
290	741,3	742,2	743,0	743,9	744,7	745,5	746,3	747,1	747,9
300	720,6	721,6	722,6	723,6	724,6	725,6	726,5	727,5	728,4
310	697,8	698,8	700,3	701,3	702,2	703,7	704,7	705,7	706,7
320	670,7	672,5	673,8	675,2	677,0	678,4	679,8	681,2	682,6
330	69,40	75,53	642,3	644,3	646,4	648,5	650,6	652,3	654,0
340	63,90	68,63	73,91	79,81	86,36	610,1	613,9	616,9	620,0
350	59,92	63,86	68,12	72,78	77,76	83,33	89,69	96,90	105,5
360	56,85	60,28	63,98	67,98	72,10	76,51	81,37	86,66	92,6
370	54,32	57,37	60,68	64,18	67,75	71,58	75,58	79,87	84,6

Продолжение

t \ p	125	130	135	140	145	150	155	160	165
380	52,19	55,10	58,10	61,20	64,47	67,84	71,38	75,13	79 05
390	50,28	52.97	55,77	58,62	61,61	64,58	67,89	71,22	74,68
400	48,64	51,15	53,76	56,43	59,17	62,00	64,94	67,98	71,12
410	47,17	49,55	52,00	54,52	57,08	59,74	62,46	65,23	68,12
420	45,85	48,12	50,45	52,83	55,25	57,71	60,28	62,89	65,57
430	44,62	46,82	49,04	51,31	53,59	55,96	58,34	60,83	63.33
440	43,52	45,60	47,71	49,90	52,11	54,35	56,62	58,96	61.31
450	42,48	44,48	46,51	48,61	50,71	52,88	55,04	57,27	59,52
460	41,49	43,44	45,41	47,42	49,43	51,52	53,59	55,74	57,87
470	40,58	42,46	44,38	46,32	48,26	50,25	52,25	54,32	56,37
480	39,74	41,58	43,42	45,29	47,17	49,09	51.02	52.99	54,98
490	38,96	40,73	42,52	44,33	46,17	48,01	49,90	51.79	53.70
500	38,20	39,92	41,67	43,42	45,21	47,01	48,83	50,66	52.52
510	37,48	39,17	40,87	42,59	44,31	46,06	47,80	49,60	51.39
520	36,80	38,43	40,10	41,77	43.44	45,15	46,86	48,59	50,33
530	36,15	37,76	39,37	41,00	42,62	44,29	45,96	47,64	49,33
540	35,54	37,10	38,67	40,26	41,86	43.48	45,10	46,75	48,40
550	34,95	36,47	38,02	39,57	41.14	42.72	44,31	45,89	47,50
560	34,39	35,88	37,40	38,91	40,44	41.96	43.54	45,08	46,66
570	33,84	35,31	36,79	38,27	39,78	41.27	42.79	44,33	45,85
580	33,32	34,76	36,20	37,66	39,14	40,60	42.09	43,59	45,08
590	32,82	34,22	35,65	37,09	38,52	39,97	41.42	42,88	44,34
600	32,34	33.73	35,12	36,52	37,94	39,35	40,78	42.21	43,65
610	31,89	33,24	34,61	36,00	37,37	38,76	40,16	41,56	42.97
620	31,45	32.79	34,13	35,49	36,83	38,20	39,56	40,95	42,34
630	31,02	32.34	33,66	34,99	36,31	37,65	39,00	40,36	41.72
640	30,61	31,90	33,20	34,51	35,82	37,13	38,45	39.78	41.12
650	30,20	31,48	32,75	34,04	35,32	36,62	37,92	39,23	40,54

t \ p	170	175	180	185	190	195	200	210	220
0	1008,2	1008,4	1008,7	1008,9	1009,1	1009,4	1009,6	1010,1	1010,5
20	1005,5	1005,7	1005,9	1006,1	1006,3	1006,5	1006,7	1007,3	1007,7
40	999,3	999,5	999,7	999,9	1000,1	1000,3	1000,5	1001.0	1001,4
60	990,5	990,7	990,9	991,2	991,4	991,6	991,8	992.2	992,6
80	979,3	979,5	979,7	979,9	980,1	980,4	980,6	981.0	981,4
100	966,1	966,3	966,5	966,7	966,9	967,1	967,4	967,9	968,2
120	951,1	951,4	951,6	951,8	952,1	952,3	952,6	953.0	953,5
140	934,6	934,8	935,1	935,4	935,6	935,9	936,2	936,6	937,1
160	916,5	916,8	917,0	917,3	917,6	917,8	918,1	918,6	919,2
180	896,9	897,2	897,4	897,7	898,1	898,4	898,6	899,2	899,8
200	875,5	875,9	876,3	876,6	876,9	877,2	877,6	878,2	878,8
210	864,2	864,5	864,9	865,3	865,6	866,0	866,3	867,0	867,8
220	852.3	852.7	853,1	853,5	853,8	854,3	854,6	855,4	856,2
230	839,8	840,3	840,7	841.1	841,5	842,0	842,4	843.2	844,0
240	826,8	827,3	827,7	828,2	828,6	829,0	829,5	830,4	831,3
250	813.1	813,6	814,1	814,6	815,1	815,5	816,1	817,0	818,0
260	798,5	799,1	799,6	800,2	800,7	801,3	801,8	802,8	803,9
270	783,0	783,7	784,2	784,9	785,5	786,2	786,6	787,8	789,0
280	766,5	767,2	767,9	768,6	769,2	769,9	770,6	771,9	773.2
290	748,7	749,5	750,2	751.0	751,8	752,6	753,4	754,8	756,3
300	729,3	730,2	731,1	732.0	732,9	733,8	734,6	736,4	738,1
310	708,2	709,2	710,2	711,2	712,2	713,3	714,3	716,3	718,4
320	684,0	684,9	686,3	687,8	688,7	690,1	691,6	694,0	696,4
330	655,7	657,5	659,2	660,9	662,7	664,0	665,8	668,9	671,6
340	621,9	624,2	626,6	628,9	631,3	633,3	635,7	639,8	643,5
350	574,0	579,0	583,8	587,9	591,7	595,2	598,4	604,2	609,4
360	99,4	107,1	116,0	127,1	142,4	534,8	543,2	556,2	565,6
370	89,6	95,1	100,9	107,5	115,2	123,9	134,0	167,5	479,6

Продолжение

t \ p	170	175	180	185	190	195	200	210	220
380	83,19	87,64	92,34	97,46	103,0	108,8	114,9	130,5	151,5
390	78,31	82,10	86,06	90,25	94,70	99,50	104,4	115,5	128,5
400	74,35	77,76	81,23	84,89	88,73	92,68	96,80	105,9	116,0
410	71,12	74,13	77,34	80,58	83,96	87,49	91,16	99,01	107,5
420	68,31	71,12	74,02	77,04	80,13	83,33	86,58	93,46	100,9
430	65,88	68,54	71,22	74,02	76,86	79,81	82,78	89,05	95,69
440	63,73	66,22	68,78	71,33	74,02	76,69	79,43	85,25	91,24
450	61,80	64,14	66,53	68,96	71,48	73,96	76,57	81,90	87,49
460	60,06	62,30	64,56	66,81	69,20	71,58	74,02	78,99	84,18
470	58,48	60,61	62,77	64,98	67,20	69,44	71,74	76,45	81,30
480	57,01	59,03	61,12	63,21	65,36	67,48	69,64	74,13	78,74
490	55,65	57,60	59,59	61,61	63,65	65,70	67,80	72,05	76,39
500	54,38	56,27	58,21	60,13	62,11	64,10	66,09	70,18	74,35
510	53,22	55,04	56,88	58,75	60,68	62,58	64,52	68,45	72,46
520	52,11	53,88	55,68	57,50	59,31	61,16	63,05	66,80	70,72
530	51,05	52,80	54,52	56,27	58,04	59,84	61,65	65,32	69,06
540	50,05	51,76	53,45	55,13	56,88	58,62	60,39	63,90	67,52
550	49,14	50,76	52,41	54,08	55,74	57,44	59,14	62,58	66,05
560	48,24	49,82	51,44	53,08	54,70	56,34	58,00	61,35	64,72
570	47,39	48,95	50,53	52,11	53,68	55,28	56,88	60,17	63,45
580	46,60	48,10	49,65	51,18	52,74	54,29	55,86	59,03	62,27
590	45,83	47,30	48,80	50,30	51,84	53,36	54,88	57,97	61,12
600	45,08	46,55	48,01	49,48	50,97	52,46	53,94	56,98	60,02
610	44,40	45,83	47,24	48,68	50,15	51,60	53,08	56,02	59,00
620	43,72	45,13	46,51	47,94	49,36	50,76	52,19	55,10	58,00
630	43,08	44,44	45,81	47,21	48,59	49,98	51,39	54,23	57,08
640	42,46	43,80	45,15	46,51	47,87	49,21	50,61	53,39	56,18
650	41,86	43,18	44,50	45,83	47,17	48,50	49,85	52,58	55,31

Продолжение

t \ p	230	240	250	260	270	280	290	300	310
0	1011,0	1011,4	1011,9	1012,4	1012,9	1013,4	1013,8	1014,2	1014,7
20	1008,1	1008,5	1008,9	1009,3	1009,7	1010,1	1010,5	1011,2	1011,7
40	1001,8	1002,2	1002,6	1003,0	1003,4	1003,8	1004,2	1004,6	1005,0
60	993,0	993,3	993,8	994,2	994,6	995,0	995,4	995,8	996,2
80	981,8	982,2	982,7	983,1	983,5	983,9	984,3	984,8	985,1
100	968,7	969,2	969,6	970 0	970,4	970,9	971,3	971,6	972,1
120	953,9	954,4	954,8	955,3	955,7	956,2	956,7	957,0	957,5
140	937,6	938,0	938,5	939,0	939,5	939,9	940,4	941,0	941,5
160	919,7	920,3	920,8	921,3	921,8	922,3	922,8	923,4	924,0
180	900,4	901,0	901,6	902,1	902,7	903,3	903,9	904,5	905,1
200	879,5	880,1	880,7	881,4	882,1	882,8	883,4	883,9	884,6
210	868,4	869,1	869,8	870,5	871,2	871,8	872,5	873,1	873,8
220	856,9	857,6	858,4	859,1	859,8	860,5	861,2	861,8	862,6
230	844,9	845,6	846,4	847,2	848,0	848,8	849,5	850,1	850,9
240	832,2	833,0	833,8	831,7	835,6	836,4	837,2	837,9	838,8
250	818,9	819,8	820,7	821,7	822,6	823,4	824,4	825,2	826,1
260	805,0	805,9	807,0	808,0	809,0	809,9	811.0	812.0	812.9
270	790,1	791,3	792.4	793,5	794,6	795,7	796,7	797,9	799,0
280	774,5	775,7	777,0	778,2	779,4	780,6	781,7	783.0	784,1
290	757,8	759,2	760,6	761 9	763,2	764,5	765,8	767,2	768,4
300	739,8	741,3	742,9	744,4	745,9	747,4	748,8	750,4	751,8
310	719,9	722,0	723,6	725,7	727,3	728,9	730,5	732,1	733,7
320	698,3	700,8	702,7	705,2	707,2	709,2	711.2	712,8	714,8
330	674,3	677,0	679,8	682,1	684,9	687,3	689,7	691.6	694,0
340	646,8	650 2	653,6	656,6	659,6	662,2	665,3	668,0	670,7
350	613,9	618,4	622,7	626,6	630,1	634,1	637,3	640 6	643,9
360	573,7	580,7	587,2	592,4	597,7	602,8	605,3	609,0	613,1
370	506,1	522,5	535,3	545,2	554,0	562,1	568,2	574,7	578,0

Продолжение

p / t	230	240	250	260	270	280	290	300	310
380	182,5	269,5	425,5	463,0	485,4	502,5	512,8	523,6	533,0
390	144,3	165,0	194,9	242,1	315,4	383,1	425,5	452,5	471,7
400	127,6	140,8	137,0	177,0	202,0	235,3	278,6	326,8	369,0
410	117,0	127,4	139,1	152,4	167,5	185,2	206,6	231,5	261,1
420	108,9	117,5	126,9	137,4	149,0	161,8	176,0	192,3	210,1
430	102,7	110,2	118,3	127,1	136,6	146,8	158,0	170,1	183,2
440	97,6	104,4	111,5	119,0	127,1	135,7	144,9	154,8	165,6
450	93,3	99,4	105,7	112,5	119,6	127,1	135,1	143,5	152,4
460	89,5	95,1	101,0	107,1	113,4	120,2	127,1	134,6	142,2
470	86,4	91,6	96,9	102,6	108,3	114,4	120,8	127,4	134,2
480	83,5	88,4	93,4	98,6	104,0	109,6	115,3	121,4	127,6
490	80,9	85,5	90,2	95,2	100,2	105,5	110,9	116,3	122,0
500	78,6	83,0	87,6	92,2	96,9	101,8	106,7	111,8	117,2
510	76,6	80,8	85,0	89,4	94,0	98,5	103,2	108,1	113,0
520	74,6	78,7	82,8	87,0	91,2	95,6	100,1	104,7	109,3
530	72,9	76,7	80,6	84,7	88,8	92,9	97,2	101,6	106,0
540	71,2	75,0	78,7	82,6	86,5	90,5	94,6	98,7	103,0
550	69,6	73,3	76,9	80,6	84,4	88,3	92,2	96,2	100,2
560	68,2	71,7	75,2	78,8	82,4	86,1	89,9	93,7	97,6
570	66,8	70,2	73,6	77,1	80,6	84,2	87,9	91,5	95,2
580	65,5	68,8	72,2	75,5	78,9	82,4	85,9	89,4	93,0
590	64,3	67,5	70,7	74,0	77,3	80,7	84,1	87,5	91,0
600	63,1	66,2	69,4	72,6	75,8	79,1	82,4	85,7	89,1
610	62,0	65,0	68,1	71,3	74,4	77,6	80,8	84,0	87,3
620	60,9	63,9	66,9	70,0	73,0	76,2	79,3	82,4	85,6
630	60,0	62,8	65,8	68,8	71,7	74,8	77,9	80,9	84,0
640	59,0	61,8	64,7	67,6	70,5	73,5	76,4	79,4	82,5
650	58,1	60,9	63,7	66,5	69,4	72,2	75,2	78,1	81,0

Продолжение

t \ p	320	330	340	350	360	370	380	390	400
0	1015,2	1015,5	1016,2	1016,6	1017,1	1017,6	1018,1	1018,6	1019,2
20	1012,1	1012,6	1013,2	1013,5	1013,9	1014,4	1014,9	1015,3	1015,8
40	1005,4	1005,6	1006,2	1006,5	1006,9	1007,4	1007,8	1008,2	1008,6
60	996,6	996,8	997,4	997,7	998,1	998,5	998,9	999,3	999,6
80	985,6	985,8	986,4	986,7	987,1	987,6	987,9	988,3	988,6
100	972,6	972,8	973,3	973,7	974,2	974,6	975,0	975,4	975,8
120	957,9	958,2	958,9	959,2	959,7	960,2	960,7	961,1	961,4
140	942,1	942,3	943,0	943,4	943,8	944,4	944,9	945,4	945,7
160	924,6	924,8	925,6	926,0	926,6	927,1	927,6	928,2	928,6
180	905,7	906,0	906,9	907,4	908,0	908,7	909,2	909,8	910,2
200	885,2	885,5	886,4	887,1	887,7	888,3	889,0	889,6	890,2
210	874,5	874,8	875,8	876,4	877,1	877,7	878,3	879,0	879,6
220	863,3	863,7	864,7	865,3	866,0	866,7	867,4	868,0	868,6
230	851,7	852,1	853,1	853,8	854,6	855,3	855,9	856,6	857,3
240	839,6	840,0	841,0	841,8	842,6	843,4	844,1	844,8	845,5
250	827,0	827,4	828,6	829,5	830,3	831,1	831,9	832,6	833,4
260	813,9	814,9	815,8	816,7	817,6	818,5	819,3	820,0	820,8
270	800,1	801,1	802,0	803,1	804,0	805,0	805,9	806,7	807,6
280	785,3	786,4	787,5	788,6	789,7	790,8	791,8	792,8	793,8
290	769,6	770,9	772,1	773,4	774,6	775,8	776,9	778,1	779,2
300	753,2	754,7	756,0	757,4	758,7	760,0	761,3	762,6	763,9
310	734,8	736,4	738,0	739,6	741,3	742,4	744,0	746,3	747,4
320	716,8	718,4	720,5	722,0	724,1	725,7	727,3	728,9	730,5
330	695,9	697,8	700,3	702,2	704,2	706,2	708,2	710,2	712,2
340	672,9	675,2	678,0	680,3	682,6	684,9	687,3	689,6	692,0
350	646,8	649,8	652,7	655,7	658,8	661,4	664,4	667,1	669,8
360	617,3	621,1	624,6	628,1	631,7	635,3	638,6	641,8	645,2
370	583,4	588,6	593,1	597,4	601,7	605,7	609,8	613,9	617,3

Продолжение

t \ p	320	330	340	350	360	370	380	390	400
380	541,1	548,5	555,9	562,4	568,5	574,0	579,0	583,8	588,2
390	485,4	500,0	510,2	518,1	526,3	534,8	540,5	546,4	552,5
400	406,5	425,5	446,4	460,8	473,9	485,4	497,5	505,0	515,5
410	296,0	328,9	358,4	383,1	406,5	425,5	442,5	454,5	467,3
420	229,9	251,9	276,2	304,0	331,1	355,9	375,9	395,2	411,5
430	197,6	213,7	230,9	250,0	271,0	291,5	312,5	332,2	349,6
440	177,0	189,4	202,4	216,9	232,0	248,1	265,2	282,5	299,4
450	162,1	172,1	182,8	194,2	205,8	218,8	232,0	245,7	260,4
460	150,4	159,0	168,1	177,6	187,6	198,0	208,8	220,3	232,0
470	141,4	148,8	156,7	164,7	173,3	182,1	191,6	200,8	211,0
480	134,0	140,6	147,7	154,8	162,3	169,8	177,9	186,2	194,9
490	127,9	133,9	140,0	146,6	153,4	160,0	167,2	174,5	182,1
500	122,5	128,2	133,9	139,9	146,0	152,2	158,7	165,3	171,8
510	118,1	123,3	128,5	134,0	139,7	145,3	151,3	157,5	163,7
520	114,0	119,0	123,9	129,0	134,4	139,7	145,1	150,6	156,5
530	110,5	115,2	119,9	124,5	129,5	134,6	139,7	144,9	150,2
540	107,3	111,6	116,1	120,6	125,3	130,0	134,8	139,7	144,7
550	104,3	108,4	112,7	117,0	121,4	125,9	130,4	135,1	139,7
560	101,5	105,5	109,5	113,8	117,9	122,1	126,6	130,9	135,3
570	99,0	102,9	106,7	110,7	114,7	118,8	122,8	127,1	131,2
580	96,7	100,4	104,0	108,0	111,7	115,6	119,6	123,6	127,6
590	94,5	98,1	101,6	105,4	109,0	112,9	116,6	120,5	124,4
600	92,5	96,0	99,4	103,0	106,5	110,1	113,8	117,5	121,2
610	90,1	94,0	97,4	100,7	104,6	107,6	111,2	114,8	118,3
620	88,8	92,1	95,3	98,6	101,9	105,4	108,8	112,2	115,7
630	87,1	90,2	93,4	96,6	99,9	103,2	106,5	109,9	113,2
640	85,5	88,6	91,7	94,8	97,9	101,2	104,4	107,6	110,9
650	84,0	87,0	90,0	93,1	96,2	99,2	102,4	105,5	108,7

Продолжение

t \ p	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
0	1019,7	1020,2	1020,7	1021,2	1021,8	1022,3	1022,8	1023,3	1023,8	1024,2
20	1016,4	1016,8	1017,3	1017,8	1018,2	1018,6	1019,2	1019,7	1020,1	1020,5
40	1009,0	1009,4	1009,8	1010,2	1010,5	1010,9	1011,3	1011,7	1012,1	1012,5
60	1000,0	1000,4	1000,8	1001,2	1001,5	1001,9	1002,3	1002,7	1003,1	1003,4
80	989,0	989,5	989,9	990,3	990,6	991,0	991,5	991,9	992,3	992,6
100	976,3	976,8	977,1	977,5	977,9	978,4	978,8	979,2	979,6	980,0
120	962,0	962,5	962,9	963,3	963,7	964,1	964,6	965,1	965,4	965,8
140	946,2	946,8	947,2	947,7	948,1	948,7	949,2	949,7	950,1	950,5
160	929,2	929,7	930,3	930,8	931,2	931,7	932,2	932,7	933,2	933,7
180	910,8	911,4	912,0	912,5	912,9	913,5	914,1	914,6	915,1	915,6
200	887,6	891,4	892,1	892,6	893,2	893,7	894,3	894,8	895,4	896,0
210	880,2	880,9	881,5	882,1	882,7	883,2	883,9	884,4	885,0	885,6
220	869,2	869,9	870,5	871,2	871,8	872,4	873,0	873,6	874,3	874,8
230	857,9	858,7	859,3	860,0	860,6	861,2	861,8	862,4	863,1	863,7
240	846,2	847,0	847,7	848,4	849,0	849,7	850,3	851,0	851,6	852,3
250	834,2	834,9	835,6	836,3	837,0	837,7	838,4	839,1	839,8	840,4
260	821,6	822,4	823,1	823,8	824,6	825,3	826,0	826,8	827,5	828,2
270	808,4	809,2	810,0	810,8	811,7	812,5	813,3	814,1	814,8	815,4
280	794,6	795,6	796,5	797,4	798,3	799,2	800,1	801,0	801,7	802,5
290	780,3	781,3	782,3	783,3	784,4	785,4	786,3	787,3	788,1	789,0
300	765,1	766,3	767,4	768,6	769,8	770,9	772,0	773,0	774,0	775,1
310	749,1	750,2	751,9	753,0	754,1	755,3	756,4	757,6	758,7	759,9
320	732,1	733,7	735,3	736,9	738,0	739,6	740,7	742,4	743,5	744,6
330	713,8	715,8	717,4	719,4	721,0	722,5	724,1	725,7	727,3	728,3
340	694,4	696,4	698,3	700,8	702,7	704,7	706,7	708,2	709,7	711,2
350	672,5	674,8	677,5	679,8	682,1	684,5	686,3	688,7	690,6	692,5
360	648,5	651,5	654,4	657,0	659,6	662,2	664,4	667,1	669,3	671,6
370	621,1	625,4	628,5	632,1	634,9	637,8	640,2	643,1	645,6	648,5

Продолжение

t \ p	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
380	591,7	597,0	602,4	606,1	609,8	612.5	615,0	618,3	621.6	625,0
390	558,6	565,0	568,2	574,7	578,0	581.4	588,2	591,7	595,2	598,8
400	520,8	529,1	534,8	540,5	546,4	552.5	555,6	561,8	568,2	571,4
410	478,5	487,8	497,5	505,0	512.8	518,1	526,3	531,9	537,6	543.5
420	425,5	438,6	450,4	460,8	471,7	480,8	487,8	495,0	502,5	510,2
430	367,6	383,1	396,8	409,8	421,9	432,9	442.5	452.5	463,0	471,7
440	316,4	332,2	347,2	361,0	374,5	387,6	398,4	409,8	420,2	431,0
450	274,7	289,0	304,0	318,5	331,1	344,8	357,1	369,0	373,1	392.2
460	243,9	256,4	269,5	282,5	295,0	307,7	319,5	331.1	343.6	354,6
470	221.2	232,0	242.7	253,8	265,2	276,2	287,4	298,5	309,6	320,5
480	203,7	212,8	222.2	232,0	241.5	251 9	261.8	271.7	280,9	291.5
490	189,8	198,0	206,2	214,6	223,8	232,0	241.0	249,4	259,1	268,1
500	178,9	186,2	193,4	200,8	208,3	216,4	224,2	232.0	240,4	248,8
510	170,1	176,4	183.2	189,8	196,8	203.7	210,5	217,9	225,7	233,1
520	162,3	168,4	174.2	180,5	186,9	193.0	199,6	206,2	213.2	219,8
530	155,5	161.4	166,7	172.4	178,2	184,2	190,1	196,5	202.8	208,8
540	149,7	154,8	160,0	165,3	170,9	176.4	181,8	187,6	193,4	199,2
550	144,5	149,2	154,1	159,2	164,2	169,5	174,5	179,8	185,2	190,8
560	139,9	144,3	149,0	153.6	158,5	163.4	168,4	173,3	178,2	183,5
570	135,5	139,9	144,3	148,8	153.4	158,0	162,6	167,2	171,8	176,7
580	131.8	135,9	140.0	144,3	148,6	152.9	157,5	161.8	166,4	170,9
590	128,2	132,3	136,2	140,2	144,3	148,6	152.9	157,0	161.3	165,6
600	125,0	128,9	132.6	136,6	140,4	144,5	148,6	152,4	156,5	160.8
610	122.0	125,8	129,4	133,2	137,0	140.6	144,5	148.6	152,4	156,2
620	119.2	122,8	126,4	130,0	133.7	137,4	140,8	144.7	148,6	152.2
630	116,6	120,0	123.6	127,1	130,5	134,0	137,6	141.2	144,9	148,4
640	114,2	117,5	120,9	124,2	127,6	131,1	134,4	137,9	141,4	144,9
650	111.8	115,1	118,3	121,6	125,0	128,2	131,6	135,0	138,3	141.6

Таблица 6-3. Энтальпия i ккал/кг воды и перегретого пара в зависимости от p кГ/см² и t °С

(М. П. Вукалович, Термодинамические свойства воды и водяного пара, М., 1958)

Значения энтальпии для воды и перегретого пара отделены в таблице жирной линией, линейная интерполяция через которую недопустима

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
10	10,1	10,1	10,1	10,1	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
20	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2
30	30,0	30,0	30,1	30,1	30,1	30,1	30,2	30,2	30,2
40	40,0	40,0	40,0	40,1	40,1	40,1	40,1	40,2	40,2
50	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,1	50,1	50,1	50,1
60	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,1	60,1	60,1	60,1
70	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,1	70,1	70,1	70,1
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,1	80,1	80,1	80,1
90	90,0	90,0	90,0	90,0	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1
100	639,2	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,1	100,2	100,2
110	644,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2
120	649,0	646,5	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3	120,3	120,4
130	653,7	651,5	130,5	130,5	130,5	130,5	130,5	130,5	130,5
140	658,4	656,5	654,5	140,7	140,7	140,7	140,7	140,7	140,7
150	663,0	661,5	659,7	657,9	151,0	151,0	151,0	151,0	151,0
160	667,8	664,4	664,7	663,1	661,3	659,4	161,3	161,3	161,3
170	672,5	671,2	669,6	668,2	666,6	664,8	663,2	661,5	171,8
180	677,2	675,9	674,5	673,2	671,7	670,1	668,8	667,3	665,5
190	681,9	680,6	679,3	678,1	676,7	675,4	674,2	672,8	671,3
200	686,6	685,4	684,2	683,0	681,7	680,6	679,4	678,2	676,8
210	691,3	690,2	689,0	687,9	686,7	685,7	684,6	683,5	682,2
220	696,0	695,0	693,9	692,9	691,7	690,7	689,7	688,7	687,5
230	700,7	699,7	698,7	697,7	696,6	695,7	694,7	693,8	692,7

Продолжение

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
240	705,5	704,5	703,6	702,6	701,6	700,7	699,8	699,0	698,0
250	710,2	709,3	708,4	707,5	706,6	705,7	704,9	704,1	703,2
260	714,9	714,1	713,2	712,4	711,5	710,7	709,9	709,2	708,4
270	719,7	719,0	718,1	717,3	716,5	715,7	715,0	714,3	713,5
280	724,5	723,8	723,0	722,2	721,5	720,7	720,0	719,4	718,6
290	729,2	728,6	727,9	727,1	726,4	725,7	725,0	724,4	723,6
300	734,0	733,4	732,7	732,1	731,4	730,7	730,1	729,4	728,7
310	738,8	738,3	737,6	737,1	736,4	735,8	735,2	734,5	733,9
320	743,6	743,1	742,5	742,0	741,4	740,8	740,2	739,5	739,0
330	748,4	748,0	747,5	746,9	746,4	745,8	745,2	744,6	744,1
340	753,2	753,0	752,5	751,9	751,4	750,9	750,3	749,8	749,2
350	758,0	757,9	757,4	756,9	756,4	755,9	755,3	754,9	754,3
360	762,9	762,8	762,3	761,8	761,4	760,9	760,3	760,0	759,4
370	767,8	767,8	767,3	766,8	766,4	766,0	765,4	765,1	764,6
380	772,7	772,7	772,1	771,8	771,4	771,0	770,5	770,1	769,7
390	777,6	777,6	777,2	776,8	776,4	776,0	775,5	775,2	774,8
400	782,6	782,6	782,2	781,8	781,5	781,1	780,6	780,3	779,9
410	787,6	787,6	787,2	786,8	786,5	786,1	785,7	785,4	785,0
420	792,6	792,6	792,2	791,8	791,5	791,1	790,8	790,5	790,1
430	797,6	797,6	797,3	796,9	796,6	796,2	795,9	795,8	795,2
440	802,6	802,6	802,3	802,0	801,7	801,3	801,0	800,6	800,3
450	807,6	807,6	807,3	807,1	806,7	806,4	806,1	805,7	805,4
460	812,6	812,6	812,3	812,1	811,7	811,5	811,2	810,8	810,5
470	817,7	817,7	817,4	817,2	816,8	816,6	816,3	815,9	815,6
480	822,8	822,8	822,5	822,3	821,9	821,7	821,4	821,0	820,8
490	827,9	827,9	827,6	827,4	827,0	826,8	826,5	826,2	826,0
500	833,0	833,0	832,7	832,5	832,1	831,9	831,7	831,4	831,2

Продолжение

t \ p	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
10	10,3	10,3	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
20	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,4	20,4	20,4	20,4
30	30,2	30,2	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,4	30,4
40	40,2	40,2	40,2	40,2	40,3	40,3	40,3	40,3	40,4
50	50,2	50,2	50,2	50,2	50,2	50,2	50,3	50,3	50,3
60	60,1	60,1	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,3	60,3
70	70,1	70,1	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,3	70,3
80	80,1	80,1	80,2	80,2	80,2	80,2	80,2	80,3	80,3
90	90,1	90,2	90,2	90,2	90,2	90,2	90,3	90,3	90,3
100	100,2	100,2	100,2	100,2	100,3	100,3	100,3	100,3	100,3
110	110,3	110,3	110,3	110,3	110,3	110,4	110,4	110,4	110,4
120	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,5	120,5	120,5	120,5
130	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6	130,6	130,7	130,7
140	140,7	140,8	140,8	140,8	140,8	140,8	140,8	140,9	140,9
150	151,0	151,0	151,0	151,0	151,0	151,1	151,1	151,1	151,1
160	161,3	161,3	161,3	161,3	161,4	161,4	161,4	161,4	161,4
170	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8	171,8
180	663,8	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3
190	669,7	668,1	666,7	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9
200	675,4	674,1	672,9	671,5	670,0	668,4	203,6	203,6	203,6
210	681,0	679,9	678,8	677,6	676,3	675,0	673,5	671,9	670,4
220	686,5	685,5	684,5	683,4	682,3	681,1	679,9	678,4	677,0
230	691,9	690,9	690,0	689,0	688,0	686,9	685,8	684,5	683,3

Продолжение

t \ p	10	11	12	13	14	15	16	17	18
240	697,2	696,2	695,3	694,4	693,5	692,5	691,4	690,3	689,3
250	702,4	701,5	700,6	699,8	698,9	698,0	696,9	695,9	695,0
260	707,6	706,8	705,9	705,1	704,2	703,4	702,3	701,5	700,6
270	712,7	712,0	711,2	710,4	709,4	708,8	707,8	707,1	706,2
280	717,8	717,1	716,4	715,6	714,6	714,1	713,2	712,6	711,8
290	722,9	722,2	721,5	720,8	719,8	719,4	718,6	718,0	717,3
300	728,0	727,3	726,7	726,0	725,1	724,7	724,0	723,3	722,8
310	733,2	732,5	731,9	731,3	730,5	730,0	729,4	728,6	728,2
320	738,4	737,7	737,1	736,5	735,8	735,2	734,7	733,9	733,6
330	743,5	742,9	742,3	741,7	741,1	740,5	740,0	739,3	738,9
340	748,7	748,1	747,6	747,0	746,4	745,9	745,4	744,8	744,3
350	753,8	753,2	752,8	752,2	751,7	751,2	750,7	750,2	749,7
360	758,9	758,3	757,9	757,4	756,9	756,5	756,0	755,5	755,0
370	764,1	763,5	763,1	762,7	762,2	761,8	761,3	760,8	760,3
380	769,2	768,7	768,3	767,9	767,4	767,0	766,6	766,1	765,6
390	774,3	773,9	773,5	773,0	772,6	772,2	771,8	771,4	770,9
400	779,5	779,1	778,7	778,2	777,9	777,5	777,1	776,7	776,2
410	784,6	784,3	783,8	783,4	783,1	782,7	782,3	782,0	781,5
420	789,7	789,4	788,9	788,6	788,3	787,9	787,5	787,2	786,7
430	794,8	794,5	794,1	793,8	793,5	793,2	792,8	792,5	792,0
440	799,9	799,6	799,3	799,0	798,7	798,4	798,0	797,7	797,3
450	805,1	804,8	804,5	804,2	803,9	803,5	803,2	802,9	802,5
460	810 2	809,9	809,7	809,4	809,1	808,7	808,4	808,1	807,7
470	815,3	815,1	814,9	814,6	814,3	813,9	813,6	813,3	812,9
480	820,5	820,3	820,1	819,8	819,5	819,1	818,8	818,5	818,2
490	825,7	825,5	825,3	825,0	824,7	824,3	824,1	823,8	823,5
500	830,9	830,7	830,5	830,2	829,9	829 6	829 4	829,1	828,8

Продолжение

t \ p	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
10	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
20	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,6	20,6
30	30,4	30,4	30,4	30,5	30,5	30,5	30,5	30,6	30,6
40	40,4	40,4	40,4	40,4	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
50	50,3	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,5	50,5
60	60,3	60,3	60,3	60,4	60,4	60,4	60,4	60,4	60,5
70	70,3	70,3	70,3	70,3	70,4	70,4	70,4	70,4	70,5
80	80,3	80,3	80,3	80,3	80,4	80,4	80,4	80,4	80,4
90	90,3	90,3	90,3	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4	90,5
100	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,5	100,5	100,5
110	110,4	110,4	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,5	110,6
120	120,5	120,5	120,6	120,6	120,6	120,6	120,6	120,6	120,7
130	130,7	130,7	130,7	130,7	130,8	130,8	130,8	130,8	130,8
140	140,9	140,9	140,9	140,9	141,0	141,0	141,0	141,0	141,0
150	151,1	151,1	151,1	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2	151,2
160	161,4	161,4	161,5	161,5	161,5	161,5	161,5	161,5	161,5
170	171,8	171,8	171,8	171,8	171,9	171,9	171,9	171,9	171,9
180	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,3	182,4	182,4
190	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9	192,9
200	203,6	203,6	203,6	203,6	203,6	203,6	203,6	203,6	203,6
210	669,0	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4
220	675,8	674,4	673,0	671,6	670,1	225,4	225,4	225,4	225,4
230	682,1	681,0	679,7	678,4	677,1	675,8	674,5	673,0	671,6
240	688,1	687,2	686,0	684,8	683,7	682,5	681,4	680,1	678,9
250	694,0	693,1	692,0	690,9	690,0	688,9	687,9	686,7	685,7

Продолжение

t \ p	19	20	21	22	23	24	25	26	27
260	699,7	698,9	697,9	696,9	696,1	695,1	694,1	693,1	692,2
270	705,4	704,6	703,7	702,8	702,0	701,1	700,2	699,3	698,5
280	711,0	710,2	709,4	708,6	707,8	707,0	706,2	705,4	704,6
290	716,5	715,8	715,1	714,3	713,5	712,8	712,1	711,3	710,5
300	722,0	721,3	720,7	720,0	719,2	718,6	717,8	717,1	716,3
310	727,5	726,9	726,2	725,6	724,8	724,3	723,4	722,9	722,1
320	732,9	732,4	731,7	731,1	730,4	729,9	729,1	728,6	727,9
330	738,3	737,9	737,2	736,6	735,9	735,4	734,8	734,3	733,6
340	743,8	743,4	742,7	742,2	741,5	741,0	740,5	740,0	739,3
350	749,2	748,8	748,2	747,7	747,1	746,6	746,1	745,6	745,0
360	754,5	754,1	753,6	753,1	752,6	752,1	751,6	751,2	750,6
370	759,9	759,4	759,0	758,5	758,1	757,6	757,1	756,7	756,2
380	765,2	764,8	764,4	763,9	763,5	763,0	762,6	762,1	761,7
390	770,5	770,1	769,7	769,3	768,8	768,4	768,0	767,5	767,2
400	775,8	775,5	775,1	774,7	774,2	773,8	773,4	773,0	772,7
410	781,1	780,8	780,4	780,0	779,6	779,2	778,8	778,4	778,1
420	786,4	786,1	785,7	785,3	784,9	784,5	784,2	783,8	783,5
430	791,7	791,4	791,0	790,7	790,3	789,9	789,7	789,3	788,9
440	796,9	796,6	796,3	796,0	795,6	795,3	795,1	794,7	794,3
450	802,2	801,9	801,6	801,3	800,9	800,6	800,4	800,0	799,6
460	807,4	807,1	806,8	806,6	806,2	805,9	805,7	805,3	804,9
470	812,7	812,4	812,1	811,9	811,5	811,2	811,0	810,6	810,2
480	818,0	817,7	817,4	817,2	816,8	816,5	816,3	816,0	815,6
490	823,3	823,0	822,7	822,5	822,1	821,8	821,6	821,4	821,0
500	828,6	828,3	828,0	827,8	827,5	827,2	827,0	826,8	826,4
510	833,8	833,5	833,3	833,1	832,8	832,5	832,3	832,1	831,7
520	839,1	838,8	838,6	338,4	838,1	837,8	837,6	837,4	837,0
530	844,4	844,1	843,9	843,7	843,4	843,1	842,9	842,7	842,4
540	849,7	849,4	849,2	849,0	848,7	848,5	848,3	848,1	847,8
550	855,0	854,7	854,5	854,3	854,1	853,9	853,7	853,5	853,2

Продолжение

t \ p	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
10	10,7	10,7	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
20	20,6	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8
30	30,6	30,6	30,6	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,8
40	40,6	40,6	40,6	40,6	40,6	40,7	40,7	40,7	40,7
50	50,5	50,5	50,6	50,6	50,6	50,6	50,6	50,7	50,7
60	60,5	60,5	60,5	60,5	60,6	60,6	60,6	60,6	60,6
70	70,5	70,5	70,5	70,5	70,5	70,6	70,6	70,6	70,6
80	80,5	80,5	80,5	80,5	80,5	80,6	80,6	80,6	80,6
90	90,5	90,5	90,5	90,5	90,5	90,6	90,6	90,6	90,6
100	100,5	100,5	100,5	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6	100,6
110	110,6	110,6	110,6	110,6	110,6	110,7	110,7	110,7	110,7
120	120,7	120,7	120,7	120,7	120,8	120,8	120,8	120,8	120,8
130	130,8	130,9	130,9	130,9	130,9	130,9	130,9	131,0	131,0
140	141,0	141,0	141,1	141,1	141,1	141,1	141,1	141,1	141,2
150	151,2	151,3	151,3	151,3	151,3	151,3	151,3	151,4	151,4
160	161,5	161,6	161,6	161,6	161,6	161,6	161,6	161,6	161,6
170	171,9	171,9	171,9	172,0	172,0	172,0	172,0	172,0	172,0
180	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,4	182,5	182,5
190	192,9	193,0	193,0	193,0	193,0	193,0	193,0	193,0	193,0
200	203,6	203,6	203,6	203,6	203,7	203,7	203,7	203,7	203,7
210	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,4	214,5
220	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4
230	670,3	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5
240	677,6	676,3	675,0	673,7	672,4	671,1	669,7	247,8	247,8
250	684,5	683,3	682,1	680,9	679,7	678,6	677,5	676,3	675,1

Продолжение

t \ p	28	29	30	31	32	33	34	35	36
260	691,1	690,0	688,9	687,8	686,7	685,7	684,8	683,8	682,7
270	697,5	696,5	695,5	694,5	693,5	692,6	691,8	690,9	689,9
280	703,7	702,8	701,9	701,0	700,1	699,3	698,5	697,7	696,8
290	709,7	708,9	708,1	707,3	706,5	705,7	704,9	704,2	703,3
300	715,6	714,9	714,2	713,4	712,7	711,9	711,2	710,5	709,6
310	721,5	720,8	720,2	719,5	718,8	718,0	717,4	716,7	715,8
320	727,3	726,7	726,1	725,4	724,8	724,1	723,5	722,8	722,0
330	733,0	732,5	731,9	731,3	730,7	730,1	729,5	728,8	728,2
340	738,8	738,3	737,7	737,1	736,6	736,0	735,4	734,8	734,3
350	744,5	744,0	743,5	742,9	742,4	741,8	741,2	740,7	740,2
360	750,1	749,7	749,2	748,7	748,1	747,5	747,0	746,5	746,0
370	755,7	755,3	754,8	754,4	753,8	753,2	752,8	752,3	751,8
380	761,2	760,8	760,4	760,0	759,4	758,9	758,5	758,0	757,5
390	766,7	766,3	765,9	765,5	764,9	764,5	764,1	763,6	763,2
400	772,2	771,8	771,4	771,1	770,5	770,1	769,7	769,3	768,9
410	777,7	777,3	776,9	776,6	776,0	775,7	775,3	774,9	774,5
420	783,1	782,7	782,4	782,0	781,5	781,2	780,8	780,4	780,1
430	788,6	788,2	787,6	787,5	787,1	786,8	786,3	786,0	785,7
440	794,0	793,6	793,3	792,9	792,6	792,3	791,8	791,5	791,2
450	799,3	799,0	798,7	798,3	798,0	797,7	797,3	797,0	796,7
460	804,6	804,4	804,1	803,8	803,5	803,1	802,8	802,5	802,2
470	809,9	809,8	809,5	809,2	808,9	808,5	808,3	808,0	807,7
480	815,3	815,2	814,9	814,6	814,3	813,9	813,8	813,5	813,2
490	820,7	820,6	820,3	820,0	819,7	819,3	819,2	819,0	818,7
500	826,1	825,9	825,7	825,4	825,1	824,8	824,6	824,4	824,1
510	831,4	831,3	831,1	830,8	830,5	830,3	830,1	829,9	829,6
520	836,8	836,7	836,5	836,2	835,9	835,7	835,5	835,3	835,1
530	842,2	842,1	841,9	841,6	841,3	841,1	840,9	840,7	840,5
540	847,6	847,5	847,3	847,0	846,7	846,5	846,3	846,1	845,9
550	853,0	852,8	852,6	852,4	852,1	851,9	851,7	851,5	851,3

Продолжение

p / t	38	40	42	44	46	48	50	52	54
0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
20	20,9	20,9	21,0	21,0	21,0	21,1	21,1	21,2	21,2
40	40,8	40,8	40,8	40,9	40,9	41,0	41,0	41,1	41,1
60	60,7	60,7	60,8	60,8	60,8	60,9	60,9	61,0	61,0
80	80,6	80,7	80,7	80,8	80,8	80,8	80,9	80,9	80,9
100	100,7	100,7	100,8	100,8	100,8	100,9	100,9	100,9	101,0
120	120,9	120,9	120,9	120,9	121,0	121,0	121,1	121,1	121,1
140	141,2	141,2	141,2	141,3	141,3	141,3	141,4	141,4	141,4
160	161,7	161,7	161,7	161,8	161,8	161,8	161,8	161,8	161,9
180	182,5	182,5	182,5	182,6	182,6	182,6	182,6	182,7	182,7
200	203,7	203,7	203,7	203,8	203,8	203,8	203,8	203,8	203,9
210	214,5	214,5	214,5	214,5	214,5	214,6	214,6	214,6	214,6
220	225,4	225,4	225,4	225,4	225,4	225,5	225,5	225,5	225,5
230	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5	236,5
240	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8
250	672,5	669,7	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3
260	680,5	678,0	675,5	673,0	670,4	271,1	271,1	271,1	271,0
270	687,9	685,7	683,5	681,3	678,9	676,6	674,2	671,6	669,0
280	694,9	693,0	691,0	689,0	686,9	684,8	682,7	680,4	678,1
290	701,6	699,9	698,1	696,3	694,4	692,6	690,7	688,7	686,7
300	708,1	706,6	704,9	703,3	701,6	700,0	698,4	696,5	694,8
310	714,5	713,2	711,6	710,1	708,5	707,1	705,6	703,9	702,5
320	720,7	719,8	718,1	716,7	715,2	713,9	712,5	711,0	709,8
330	726,9	725,8	724,4	723,1	721,7	720,5	719,2	717,9	716,7
340	733,0	731,9	730,4	729,4	728,1	727,0	725,8	724,6	723,3
350	738,9	737,9	736,7	735,6	734,4	733,3	732,2	731,0	729,8
360	744,9	743,8	742,7	741,7	740,6	739,5	738,5	737,3	736,3
370	750,8	749,7	748,8	747,8	746,8	745,7	744,7	743,6	742,2

Продолжение

t \ p	38	40	42	44	46	48	50	52	54
380	756,6	755,6	754,8	753,8	752,9	751,8	750,8	749,9	749,0
390	762,3	761,4	760,7	759,7	758,8	757,9	756,9	756,1	755,2
400	768,0	767,2	766,5	765,6	764,7	763,9	762,9	762,1	761,3
410	773,7	772,9	772,2	771,4	770,5	769,8	768,8	768,1	767,2
420	779,3	778,5	777,8	777,1	776,2	775,6	774,7	773,9	773,0
430	784,9	784,2	783,5	782,8	782,0	781,3	780,5	779,8	778,9
440	790,5	789,8	789,1	788,5	787,8	787,0	786,3	785,6	784,8
450	796,0	795,4	794,7	794,1	793,5	792,7	792,0	791,4	790,6
460	801,5	801,0	800,3	799,7	799,1	798,4	797,7	797,1	796,4
470	807,0	806,5	805,9	805,3	804,7	804,1	803,4	802,8	802,2
480	812,5	812,0	811,5	810,9	810,3	809,7	809,1	808,5	807,9
490	818,0	817,5	817,0	816,5	815,9	815,3	814,7	814,2	813,6
500	823,5	823,0	822,5	822,0	821,5	820,9	820,3	819,8	819,3
510	829,0	828,5	828,0	827,5	827,1	826,5	825,9	825,4	824,9
520	834,5	834,0	833,5	833,0	832,6	832,1	831,5	831,0	830,5
530	840,0	839,5	839,0	838,5	838,1	837,6	837,1	836,6	836,1
540	845,4	845,0	844,5	844,0	843,6	843,1	842,7	842,2	841,7
550	850,8	850,4	850,0	849,5	849,1	848,6	848,2	847,8	847,3
560	856,3	855,9	855,5	855,0	854,6	854,2	853,8	853,4	852,9
570	861,8	861,4	861,0	860,5	860,1	859,7	859,3	858,9	858,5
580	867,3	866,9	866,5	866,0	865,6	865,2	864,8	864,4	864,0
590	872,7	872,3	872,0	871,5	871,1	870,7	870,3	869,9	869,5
600	878,1	877,7	877,4	877,0	876,6	876,2	875,8	875,4	875,0
610	883,6	883,2	882,9	882,5	882,1	881,8	881,4	881,0	880,6
620	889,1	888,7	888,4	888,0	887,6	887,3	886,9	886,6	886,2
630	894,6	894,2	893,9	893,5	893,1	892,8	892,4	892,1	891,8
640	900,1	899,7	899,4	899,0	898,6	898,3	897,9	897,6	897,3
650	905,5	905,1	904,8	904,5	904,1	903,8	903,4	903,1	902,8

Продолжение

t \ p	56	58	60	62	64	66	68	70	72
0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7
20	21,2	21,3	21,3	21,4	21,4	21,5	21,5	21,6	21,6
40	41,1	41,2	41,2	41,3	41,3	41,3	41,4	41,4	41,5
60	61,0	61,1	61,1	61,1	61,2	61,2	61,3	61,3	61,3
80	81,0	81,0	81,1	81,1	81,1	81,2	81,2	81,2	81,3
100	101,0	101,0	101,1	101,1	101,1	101,2	101,2	101,2	101,3
120	121,2	121,2	121,2	121,3	121,3	121,3	121,4	121,4	121,4
140	141,5	141,5	141,5	141,6	141,6	141,6	141,6	141,7	141,7
160	161,9	161,9	162,0	162,0	162,0	162,0	162,1	162,1	162,1
180	182,7	182,7	182,8	182,8	182,8	182,8	182,8	182,9	182,9
200	203,9	203,9	203,9	203,9	204,0	204,0	204,0	204,0	204,0
210	214,6	214,6	214,6	214,7	214,7	214,7	214,7	214,7	214,8
220	225,5	225,5	225,5	225,6	225,6	225,6	225,6	225,6	225,6
230	236,5	236,5	236,5	236,6	236,6	236,6	236,6	236,6	236,6
240	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8	247,8
250	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3
260	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9
270	666,5	283,0	283,0	282,9	282,9	282,9	282,9	282,9	282,9
280	675,8	673,4	671,0	668,4	665,8	295,3	295,3	295,2	295,2
290	684,5	682,6	680,2	678,0	675,6	673,5	671,1	668,5	665,8
300	692,8	691,1	689,0	687,0	684,9	683,1	681,0	678,7	676,4
310	700,7	699,1	697,4	695,5	693,7	692,0	690,2	688,2	686,2
320	708,2	706,7	705,1	703,5	702,0	700,3	698,8	697,1	695,2
330	715,3	713,9	712,5	711,1	709,8	708,2	706,8	705,3	703,6
340	722,1	720,8	719,6	718,4	717,1	715,7	714,4	713,0	711,5
350	728,7	727,5	726,4	725,4	724,1	722,9	721,7	720,3	719,0
360	735,2	734,1	733,1	732,2	730,9	729,9	728,7	727,4	726,2
370	741,6	740,6	739,7	738,8	737,6	736,7	735,5	734,3	733,2

Продолжение

t \ p	56	58	60	62	64	66	68	70	72
380	747,9	747,0	746,1	745,3	744,1	743,3	742,1	741,0	740,0
390	754,2	753,3	752,4	751,6	750,5	749,7	748,6	747,6	746,7
400	760,4	759,5	758,7	757,8	756,8	756,0	755,0	754,1	753,2
410	766,4	765,6	764,9	763,9	763,0	762,2	761,3	760,5	759,6
420	772,3	771,6	770,9	769,9	769,1	768,3	767,5	766,8	765,9
430	778,2	777,5	776,8	775,9	775,2	774,4	773,6	773,0	772,1
440	784,1	783,4	782,7	781,9	781,2	780,5	779,7	779,1	778,2
450	789,9	789,2	788,5	787,7	787,2	786,5	785,7	785,1	784,3
460	795,7	795,0	794,3	793,7	793,1	792,4	791,7	791,1	790,4
470	801,5	800,8	800,1	799,6	799,0	798,3	797,7	797,1	796,4
480	807,3	806,6	805,9	805,4	804,9	804,2	803,6	803,0	802,3
490	813,0	812,4	811,7	811,2	810,7	810,1	809,5	808,9	808,2
500	818,7	818,1	817,5	817,0	816,5	815,9	815,3	814,7	814,1
510	824,4	823,8	823,2	822,7	822,2	821,7	821,1	820,5	819,9
520	830,0	829,5	828,9	828,4	827,9	827,4	826,9	826,3	825,7
530	835,6	835,1	834,6	834,1	833,6	833,1	832,6	832,1	831,5
540	841,2	840,7	840,2	839,8	839,3	838,8	838,3	837,8	837,3
550	846,8	846,3	845,8	845,4	845,0	844,5	844,0	843,5	843,1
560	852,4	851,9	851,4	851,1	850,7	850,2	849,7	849,2	848,8
570	858,0	857,5	857,0	856,7	856,3	855,9	855,4	854,9	854,5
580	863,6	863,1	862,6	862,3	861,9	861,5	861,1	860,6	860,2
590	869,1	868,7	868,2	867,9	867,5	867,1	866,7	866,2	865,9
600	874,6	874,2	873,8	873,5	873,1	872,7	872,3	871,8	871,5
610	880,2	879,8	879,4	879,1	878,8	878,4	878,0	877,5	877,2
620	885,8	885,4	885,0	884,7	884,4	884,1	883,7	883,2	882,9
630	891,4	891,0	890,6	890,3	890,0	889,7	889,3	888,9	888,6
640	896,9	896,6	896,2	895,9	895,6	895,3	894,9	894,5	894,2
650	902,4	902,1	901,7	901,5	901,2	900,9	900,5	900,1	899,8

Продолжение

t \ p	74	76	78	80	82	84	86	88	90
0	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2
20	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8	21,9	21,9	22,0	22,0
40	41,5	41,5	41,6	41,6	41,7	41,7	41,8	41,8	41,8
60	61,4	61,4	61,5	61,5	61,5	61,6	61,6	61,7	61,7
80	81,3	81,4	81,4	81,4	81,5	81,5	81,5	81,6	81,6
100	101,3	101,4	101,4	101,4	101,5	101,5	101,5	101,6	101,6
120	121,5	121,5	121,5	121,6	121,6	121,6	121,7	121,7	121,7
140	141,7	141,8	141,8	141,8	141,9	141,9	141,9	142,0	142,0
160	162,2	162,2	162,2	162,2	162,3	162,3	162,3	162,3	162,4
180	182,9	182,9	183,0	183,0	183,0	183,0	183,1	183,1	183,1
200	204,0	204,1	204,1	204,1	204,1	204,1	204,2	204,2	204,2
210	214,8	214,8	214,8	214,8	214,8	214,8	214,9	214,9	214,9
220	225,6	225,6	225,7	225,7	225,7	225,7	225,7	225,7	225,7
230	236,6	236,6	236,6	236,6	236,7	236,7	236,7	236,7	236,7
240	247,8	247,8	247,8	247,8	247,9	247,9	247,9	247,9	247,9
250	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3
260	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9
270	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,8	282,7	282,7
280	295,2	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,0	295,0
290	663,3	308,0	308,0	307,9	307,9	307,8	307,8	307,8	307,7
300	674,4	671,5	669,6	667,0	664,3	661,6	658,7	321,2	321,1
310	684,4	682,3	680,2	678,0	675,7	673,3	670,9	668,5	666,0
320	693,5	691,8	690,0	688,0	686,1	684,0	682,0	679,9	677,7
330	702,0	700,6	699,1	697,2	695,6	693,8	692,1	690,2	688,3
340	710,1	708,9	707,5	705,8	704,4	702,9	701,4	699,7	698,0
350	717,8	716,7	715,4	713,9	712,6	711,3	709,9	708,4	706,9
360	725,2	724,1	722,9	721,5	720,3	719,1	717,9	716,5	715,1

Продолжение

t \ p	74	76	78	80	82	84	86	88	90
370	732,3	731,2	730,1	728,8	727,7	726,6	725,4	724,2	722,9
380	739,2	738,1	737,1	735,9	734,9	733,8	732,6	731,6	730,4
390	745,9	744,8	743,9	742,8	741,9	740,8	739,6	738,7	737,6
400	752,8	751,4	750,5	749,5	748,7	747,7	746,5	745,6	744,6
410	758,8	757,9	757,0	756,1	755,4	754,4	753,3	752,4	751,5
420	765,1	764,3	763,4	762,6	761,9	761,0	760,0	759,1	758,3
430	771,3	770,6	769,7	769,0	768,3	767,5	766,5	765,7	764,9
440	777,5	776,8	776,0	775,3	774,6	773,8	772,9	772,2	771,4
450	783,6	782,9	782,2	781,5	780,8	780,0	779,3	778,6	777,8
460	789,7	789,0	788,4	787,7	787,0	786,3	785,6	785,0	784,2
470	795,8	795,1	794,5	793,8	793,2	792,5	791,9	791,3	790,5
480	801,8	801,1	800,5	799,8	799,3	798,6	798,1	797,5	796,7
490	807,7	807,0	806,5	805,8	805,3	804,7	804,2	803,6	802,9
500	813,6	812,9	812,5	811,8	811,3	810,7	810,2	809,7	809,0
510	819,4	818,8	818,4	817,7	817,2	816,6	816,1	815,7	815,0
520	825,2	824,7	824,3	823,6	823,1	822,5	822,0	821,6	821,0
530	831,0	830,5	830,1	829,5	829,0	828,4	827,9	827,5	826,9
540	836,8	836,3	835,9	835,3	834,9	834,3	833,8	833,4	832,8
550	842,6	842,1	841,7	841,1	840,7	840,2	839,7	839,3	838,7
560	848,3	847,8	847,4	846,9	846,5	846,0	845,5	845,1	844,6
570	854,0	853,5	853,1	852,7	852,3	851,8	851,3	850,9	850,4
580	859,7	859,2	858,8	858,4	858,1	857,6	857,1	856,7	856,2
590	865,4	864,9	864,5	864,1	863,8	863,4	862,9	862,5	862,0
600	871,1	870,6	870,2	869,8	869,5	869,1	868,7	868,3	867,8
610	876,8	876,3	875,9	875,6	875,3	874,9	874,5	874,1	873,6
620	882,5	882,0	881,6	881,3	881,0	880,7	880,3	879,9	879,4
630	888,2	887,7	887,3	887,0	886,7	886,4	886,0	885,7	885,2
640	893,9	893,4	893,0	892,7	892,4	892,1	891,7	891,4	891,0
650	899,5	899,1	898,7	898,4	898,1	897,8	897,4	897,1	896,7

Продолжение

t \ *p*	92	94	96	98	100	105	110	115	120
0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9
20	22,0	22,1	22,1	22,2	22,2	22,3	22,4	22,5	22,7
40	41,9	41,9	42,0	42,0	42,1	42,2	42,3	42,4	42,5
60	61,7	61,8	61,8	61,9	61,9	62,0	62,1	62,2	62,3
80	81,7	81,7	81,7	81,8	81,8	81,9	82,0	82,1	82,2
100	101,6	101,7	101,7	101,8	101,8	101,9	102,0	102,0	102,1
120	121,8	121,8	121,8	121,9	121,9	122,0	122,1	122,1	122,2
140	142,0	142,1	142,1	142,1	142,1	142,2	142,3	142,4	142,4
160	162,4	162,4	162,5	162,5	162,5	162,6	162,7	162,7	162,8
180	183,1	183,1	183,2	183,2	183,2	183,3	183,3	183,4	183,5
200	204,2	204,2	204,3	204,3	204,3	204,3	204,4	204,4	204,5
210	214,9	214,9	215,0	215,0	215,0	215,0	215,1	215,1	215,1
220	225,8	225,8	225,8	225,8	225,8	225,8	225,9	225,9	225,9
230	236,7	236,7	236,7	236,7	236,7	236,8	236,8	236,8	236,8
240	247,9	247,9	247,9	247,9	247,9	247,9	247,9	248,0	248,0
250	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3
260	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,9	270,8
270	282,7	282,7	282,7	282,7	282,7	282,6	282,6	282,6	282,6
280	294,9	294,9	294,9	294,9	294,9	294,8	294,7	294,7	294,6
290	307,6	307,6	307,6	307,6	307,5	307,4	307,3	307,2	307,1
300	321,0	320,9	320,8	320,8	320,7	320,5	320,4	320,2	320,1
310	663,3	660,7	658,0	655,2	652,2	334,6	334,3	334,0	333,8
320	675,5	673,2	670,9	668,5	666,0	659,6	652,5	645,0	348,8
330	686,4	684,4	682,4	680,4	678,3	672,8	667,0	660,9	654,1
340	696,3	694,6	692,9	691,0	689,2	684,5	679,6	674,4	669,2
350	705,4	703,8	702,4	700,6	699,0	694,9	690,7	686,2	681,5
360	713,8	712,4	711,1	709,5	708,0	704,4	700,8	696,8	692,7

Продолжение

t \ p	92	94	96	98	100	105	110	115	120
370	721,7	720,4	719,2	717,9	716,5	713,2	710,0	706,6	703,0
380	729,2	728,0	726,9	725,8	724,6	721,6	718,5	715,2	711,9
390	736,5	735,4	734,4	733,4	732,3	729,5	726,7	723,8	720,8
400	743,7	742,6	741,7	740,7	739,8	737,3	734,7	732,1	729,5
410	750,7	749,7	748,8	747,8	747,0	744,7	742,4	740,1	737,8
420	757,5	756,6	755,7	754,8	754,1	752,0	749,8	747,7	745,5
430	764,2	763,3	762,5	761,7	761,0	759,0	756,9	754,9	752,8
440	770,8	769,9	769,1	768,4	767,8	765,9	763,9	761,9	759,9
450	777,2	776,4	775,6	775,0	774,4	772,6	770,7	768,8	766,9
460	783,6	782,9	782,1	781,5	780,9	779,1	777,3	775,5	773,7
470	790,0	789,3	788,5	787,9	787,3	785,6	783,9	782,2	780,4
480	796,3	795,6	794,8	794,3	793,6	792,0	790,4	788,8	787,1
490	802,5	801,8	801,1	800,6	799,9	798,4	796,8	795,2	793,6
500	808,6	807,9	807,3	806,8	806,1	804,6	803,1	801,6	800,1
510	814,6	813,9	813,4	812,9	812,2	810,8	809,4	808,0	806,5
520	820,6	819,9	819,4	818,9	818,2	816,9	815,5	814,2	812,8
530	826,6	825,9	825,4	824,9	824,3	823,0	821,7	820,4	819,1
540	832,5	831,9	831,4	830,9	830,3	829,1	827,8	826,6	825,3
550	838,4	837,8	837,3	836,9	836,3	835,1	833,9	832,7	831,5
560	844,3	843,7	843,2	842,8	842,2	841,1	839,9	838,8	837,6
570	850,1	849,6	849,1	848,7	848,1	847,0	845,9	844,8	843,7
580	855,9	855,4	855,0	854,6	854,0	852,9	851,8	850,7	849,7
590	861,7	861,2	860,8	860,5	859,9	858,8	857,8	856,7	855,7
600	867,5	867,0	866,6	866,3	865,8	864,8	863,8	862,8	861,8
610	873,3	872,8	872,5	872,2	871,7	870,8	869,8	868,8	867,8
620	879,1	878,6	878,3	878,0	877,5	876,6	875,7	874,8	873,8
630	884,9	884,4	884,1	883,8	883,4	882,5	881,6	880,7	879,8
640	890,7	890,2	889,9	889,6	889,2	888,4	887,5	886,6	885,7
650	896,4	896,0	895,7	895,4	895,0	894,2	893,4	892,6	891,7

Продолжение

t \ p	125	130	135	140	145	150	155	160	165
0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
20	22,8	22,9	23,0	23,1	23,2	23,3	23,4	23,5	23,6
40	42,6	42,7	42,8	42,9	43,0	43,1	43,2	43,3	43,4
60	62,4	62,5	62,6	62,7	62,8	62,9	63,0	63,1	63,2
80	82,3	82,4	82,4	82,5	82,6	82,7	82,8	82,9	83,0
100	102,2	102,3	102,4	102,5	102,6	102,7	102,8	102,9	102,9
120	122,3	122,4	122,5	122,6	122,6	122,7	122,8	122,9	123,0
140	142,5	142,6	142,7	142,8	142,8	142,9	143,0	143,1	143,1
160	162,9	162,9	163,0	163,1	163,1	163,2	163,3	163,4	163,4
180	183,5	183,6	183,6	183,7	183,7	183,8	183,9	183,9	184,0
200	204,5	204,6	204,6	204,7	204,7	204,8	204,8	204,9	204,9
210	215,2	215,2	215,3	215,3	215,3	215,4	215,4	215,5	215,5
220	226,0	226,0	226,0	226,1	226,1	226,1	226,2	226,2	226,2
230	236,9	236,9	236,9	237,0	237,0	237,0	237,1	237,1	237,1
240	248,0	248,0	248,0	248,0	248,0	248,0	248,1	248,1	248,1
250	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3	259,3
260	270,8	270,8	270,8	270,8	270,8	270,8	270,7	270,7	270,7
270	282,5	282,5	282,5	282,5	282,5	282,5	282,4	282,4	282,4
280	294,6	294,5	294,5	294,5	294,5	294,4	294,4	294,4	294,4
290	307,0	306,9	306,9	306,9	306,8	306,7	306,7	306,6	306,6
300	319,9	319,8	319,7	319,5	319,4	319,3	319,2	319,1	319,0
310	333,6	333,4	333,2	332,9	332,8	332,6	332,4	332,2	332,1
320	348,4	348,0	347,7	347,5	347,2	346,9	346,7	346,4	346,2
330	646,7	638,7	364,0	363,4	362,9	362,5	362,1	361,7	361,4
340	663,1	657,2	650,4	642,8	634,0	380,8	380,0	379,4	378,6
350	676,5	671,2	665,9	660,3	654,1	647,6	639,0	630,0	620,4
360	688,4	683,8	679,2	674,4	669,3	664,0	658,1	651,8	645,0

Продолжение

t \ p	125	130	135	140	145	150	155	160	165
370	699,2	695,3	691,2	687,0	682,7	678,0	673,2	668,3	663,1
380	708,6	705,2	701,7	698,0	694,3	690,3	686,2	681,9	677,4
390	717,8	714,7	711,6	708,4	705,0	701,4	697,7	694,0	690,2
400	726,8	724,0	721,2	718,2	715,2	712,1	708,9	705,6	702,2
410	735,4	732,9	730,3	727,6	724,9	722,1	719,2	716,2	713,1
420	743,2	740,9	738,5	736,1	733,7	731,2	728,5	725,8	723,0
430	750,7	748,5	746,3	744,0	741,7	739,3	736,9	734,4	731,9
440	757,8	755,7	753,6	751,5	749,3	747,1	744,9	742,6	740,3
450	764,9	762,9	760,9	758,9	756,9	754,8	752,7	750,6	748,5
460	771,8	769,9	768,0	766,1	764,3	762,3	760,3	758,3	756,3
470	778,7	776,9	775,1	773,3	771,5	769,7	767,8	765,9	764,0
480	785,5	783,8	782,1	780,4	778,7	776,9	775,2	773,4	771,6
490	792,1	790,5	788,9	787,3	785,7	784,0	782,4	780,7	779,1
500	798,6	797,1	795,6	794,1	792,6	791,0	789,5	787,9	786,4
510	805,0	803,6	802,2	800,8	799,4	797,9	796,5	795,0	793,5
520	811,4	810,0	808,7	807,3	806,0	804,6	803,2	801,8	800,4
530	817,8	816,4	815,1	813,8	812,5	811,2	809,9	808,5	807,1
540	824,1	822,7	821,5	820,2	819,0	817,7	816,4	815,1	813,8
550	830,3	829,0	827,8	826,6	825,4	824,1	822,9	821,6	820,4
560	836,4	835,2	834,1	832,9	831,7	830,5	829,3	828,1	826,9
570	842,5	841,4	840,3	839,1	838,0	836,8	835,7	834,6	833,4
580	848,6	847,5	846,4	845,3	844,2	843,1	842,1	841,0	839,9
590	854,6	853,6	852,5	851,5	850,4	849,4	848,4	847,3	846,3
600	860,7	859,7	858,7	857,7	856,6	855,6	854,6	853,6	852,6
610	866,8	865,8	864,8	863,8	862,8	861,8	860,9	859,9	858,9
620	872,8	871,9	871,0	870,0	869,0	868,0	867,1	866,2	865,2
630	878,8	877,9	877,0	876,1	875,2	874,2	873,3	872,4	871,5
640	884,8	884,0	883,1	882,2	881,3	880,4	879,6	878,7	877,9
650	890,8	890,0	889,2	888,4	887,5	886,6	885,8	885,0	884,2

Продолжение

t \ p	170	175	180	185	190	195	200	210	220
0	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	5,0	5,2
20	23,7	23,9	24,0	24,1	24,2	24,3	24,4	24,6	24,8
40	43,5	43,6	43,7	43,8	43,9	44,0	44,1	44,3	44,5
60	63,3	63,4	63,5	63,6	63,7	63,7	63,8	64,0	64,2
80	83,1	83,2	83,3	83,4	83,5	83,6	83,7	83,9	84,0
100	103,0	103,1	103,2	103,3	103,4	103,5	103,6	103,7	103,9
120	123,1	123,1	123,2	123,3	123,4	123,5	123,6	123,7	123,9
140	143,2	143,3	143,3	143,5	143,5	143,6	143,7	143,9	144,0
160	163,5	163,6	163,6	163,7	163,8	163,9	163,9	164,1	164,2
180	184,0	184,1	184,2	184,2	184,3	184,4	184,4	184,5	184,7
200	205,0	205,0	205,1	205,1	205,2	205,2	205,3	205,4	205,4
210	215,6	215,6	215,6	215,7	215,7	215,8	215,8	215,9	216,0
220	226,3	226,3	226,3	226,4	226,4	226,4	226,5	226,5	226,6
230	237,1	237,1	237,2	237,2	237,2	237,2	237,3	237,3	237,4
240	248,1	248,1	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,3
250	259,3	259,4	259,4	259,4	259,4	259,4	259,4	259,4	259,4
260	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7
270	282,3	282,3	282,3	282,3	282,3	282,3	282,2	282,2	282,2
280	294,3	294,3	294,2	294,1	294,1	294,1	294,0	294,0	293,9
290	306,5	306,4	306,4	306,3	306,3	306,2	306,1	306,0	305,8
300	318,9	318,8	318,7	318,6	318,5	318,4	318,4	318,2	318,0
310	331,9	331,8	331,6	331,5	331,3	331,2	331,1	331,0	320,8
320	346,0	345,8	345,5	345,3	345,1	344,9	344,7	344,4	344,2
330	361,2	360,9	360,6	360,3	359,9	359,5	359,2	358,7	358,3
340	378,0	377,4	376,9	376,5	375,9	375,4	375,0	374,3	373,5
350	399,4	397,8	396,5	395,4	394,6	393,8	393,1	391,8	390,6
360	637,8	629,9	620,3	608,4	594,5	418,7	416,6	413,3	411,0

Продолжение

t \ p	170	175	180	185	190	195	200	210	220
370	657,5	652,0	645,8	638,7	631,1	621,9	610,5	580,8	443,6
380	672,8	667,9	662,8	657,5	651,9	645,9	639,6	625,4	607,8
390	686,3	682,3	678,1	673,7	669,1	664,3	659,3	648,6	636,6
400	698,8	695,2	691,6	687,9	684,0	680,0	676,0	667,3	657,8
410	710,0	706,8	703,6	700,3	697,0	693,6	690,1	682,8	674,8
420	720,1	717,1	714,3	711,3	708,4	705,3	702,2	695,7	688,9
430	729,3	726,7	724,1	721,5	718,8	716,0	713,1	707,3	701,3
440	738,0	735,6	733,2	730,8	728,3	725,8	723,2	718,0	712,6
450	746,3	744,1	741,9	739,7	737,4	735,1	732,7	727,9	723,0
460	754,3	752,3	750,3	748,2	746,1	744,0	741,8	737,4	732,8
470	762,1	760,3	758,4	756,5	754,6	752,6	750,6	746,4	742,1
480	769,8	768,1	766,3	764,5	762,7	760,9	759,0	755,1	751,2
490	777,4	775,7	774,0	772,3	770,6	768,9	767,1	763,5	759,9
500	784,8	783,2	781,6	780,0	778,3	776,7	775,0	771,6	768,2
510	792,0	790,5	788,9	787,4	785,8	784,2	782,6	779,4	776,2
520	798,9	797,5	796,0	794,5	793,0	791,5	790,0	787,0	784,0
530	805,7	804,3	802,9	801,5	800,1	798,7	797,3	794,5	791,6
540	812,4	811,1	809,7	808,4	807,1	805,7	804,4	801,7	799,0
550	819,1	817,8	816,5	815,3	814,0	812,7	811,4	808,8	806,2
560	825,7	824,5	823,3	822,1	820,8	819,6	818,3	815,8	813,3
570	832,3	831,1	829,9	828,7	827,5	826,3	825,1	822,7	820,3
580	838,8	837,6	836,5	835,3	834,2	833,0	831,9	829,6	827,3
590	845,2	844,1	843,0	841,9	840,8	839,7	838,6	836,4	834,2
600	851,6	850,5	849,5	848,5	847,4	846,4	845,3	843,3	841,1
610	857,9	856,9	856,0	855,0	854,0	853,0	852,0	850,0	848,0
620	864,3	863,3	862,4	861,5	860,6	859,6	858,6	856,8	854,8
630	870,6	869,7	868,8	867,9	867,0	866,1	865,2	863,4	861,5
640	877,0	876,1	875,2	874,4	873,5	872,6	871,7	870,0	868,2
650	883,3	882,4	881,6	880,8	880,0	879,1	878,2	876,6	874,9

Продолжение

t \ p	230	240	250	260	270	280	290	300	310
0	5,4	5,7	5,9	6,1	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3
20	25,1	25,3	25,5	25,7	25,9	26,2	26,4	26,6	26,8
40	44,7	44,9	45,1	45,3	45,5	45,8	46,0	46,2	46,4
60	64,4	64,6	64,8	65,0	65,2	65,4	65,6	65,8	66,0
80	84,2	84,4	84,6	84,8	85,0	85,2	85,3	85,5	85,7
100	104,1	104,3	104,5	104,6	104,8	105,0	105,2	105,3	105,5
120	124,1	124,3	124,4	124,6	124,8	124,9	125,1	125,3	125,5
140	144,2	144,3	144,5	144,6	144,8	144,9	145,1	145,3	145,5
160	164,4	164,5	164,7	164,8	165,0	165,1	165,3	165,5	165,6
180	184,8	184,9	185,0	185,2	185,3	185,5	185,7	185,9	186,1
200	205,6	205,7	205,8	205,9	206,0	206,2	206,3	206,4	206,5
210	216,1	216,2	216,3	216,4	216,5	216,6	216,7	216,8	216,9
220	226,7	226,8	226,9	227,0	227,1	227,1	227,2	227,3	227,4
230	237,5	237,6	237,6	237,7	237,8	237,8	237,9	238,0	238,1
240	248,4	248,5	248,5	248,6	248,7	248,7	248,8	248,9	249,0
250	259,5	259,6	259,6	259,6	259,7	259,8	259,8	259,9	260,0
260	270,7	270,7	270,8	270,8	270,8	270,9	270,9	271,0	271,0
270	282,2	282,2	282,2	282,2	282,2	282,3	282,3	282,3	282,3
280	293,9	293,9	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8
290	305,8	305,8	305,7	305,6	305,6	305,5	305,5	305,5	305,5
300	318,0	317,9	317,8	317,7	317,6	317,5	317,5	317,4	317,4
310	330,6	330,4	330,3	330,1	330,0	329,9	329,8	329,7	329,6
320	343,8	343,6	343,4	343,2	343,0	342,8	342,6	342,4	342,2
330	357,8	357,4	357,2	356,8	356,5	356,2	355,9	355,7	355,4
340	372,8	372,2	371,8	371,3	370,8	370,4	370,0	369,7	369,4
350	389,5	388,5	387,9	386,9	386,2	385,6	385,1	384,7	384,1
360	409,0	407,8	405,8	404,5	403,3	402,3	401,4	400,7	399,9
370	436,7	432,2	428,6	426,0	423,7	421,6	420,1	418,9	417,6

Продолжение

t \ p	230	240	250	260	270	280	290	300	310
380	580,0	526,0	470,0	455,6	450,0	446,2	443,0	440,2	437,7
390	622,7	606,1	586,0	559,0	515,0	490,8	478,0	470,2	464,6
400	647,5	636,1	623,0	608,1	591,1	572,1	550,7	525,8	508,8
410	666,3	657,0	647,0	636,3	624,8	612,3	598,5	582,7	566,8
420	681,6	674,1	666,1	657,4	648,4	638,9	628,7	618,0	606,6
430	695,1	688,6	681,8	674,6	666,9	658,8	650,4	641,6	632,6
440	707,0	701,3	695,3	688,9	682,2	675,2	668,0	660,7	653,2
450	717,9	712,7	707,3	701,7	695,9	689,9	683,9	677,7	671,5
460	728,1	723,3	718,5	713,5	708,4	703,3	698,1	692,8	687,6
470	737,8	733,5	729,1	724,6	720,0	715,4	710,8	706,2	701,6
480	747,2	743,2	739,1	735,0	730,8	726,6	722,3	718,1	713,9
490	756,2	752,5	748,7	744,8	740,9	737,0	733,0	729,0	725,1
500	764,8	761,3	757,8	754,1	750,5	746,9	743,1	739,2	735,3
510	773,0	769,7	766,4	763,0	759,6	756,2	752,6	748,9	745,2
520	780,9	777,8	774,7	771,5	768,3	765,0	761,7	758,3	754,9
530	788,7	785,7	782,7	779,7	776,7	773,6	770,5	767,3	764,1
540	796,2	793,4	790,5	787,7	784,9	781,9	779,0	776,0	773,0
550	803,6	800,9	798,2	795,5	792,8	790,0	787,2	784,4	781,5
560	810,8	808,2	805,7	803,1	800,5	797,9	795,3	792,6	790,0
570	817,9	815,5	813,1	810,7	808,2	805,7	803,3	800,7	798,2
580	825,0	822,7	820,4	818,1	815,7	813,4	811,0	808,6	806,2
590	832,1	829,9	827,6	825,4	823,2	821,0	818,7	816,4	814,1
600	839,1	837,0	834,8	832,7	830,6	828,5	826,3	824,1	821,9
610	846,0	844,0	841,9	839,9	837,9	835,8	833,8	831,6	829,5
620	852,9	850,9	848,9	847,0	845,0	843,1	841,1	839,1	837,1
630	859,6	857,8	855,9	854,1	852,2	850,3	848,5	846,5	844,6
640	866,4	864,6	862,8	861,0	859,2	857,4	855,6	853,8	852,0
650	873,2	871,5	869,7	868,1	866,3	864,6	862,8	861,0	859,2

Продолжение

t \ p	320	330	340	350	360	370	380	390	400
0	7,5	7,7	7,9	8,2	8,4	8,6	8,8	9,1	9,3
20	27,1	27,3	27,5	27,7	27,9	28,1	28,3	28,5	28,8
40	46,6	46,8	47,0	47,2	47,4	47,6	47,9	48,1	48,3
60	66,2	66,4	66,6	66,8	67,0	67,2	67,4	67,6	67,8
80	85,9	86,1	86,3	86,5	86,7	86,9	87,1	87,3	87,5
100	105,8	105,9	106,0	106,2	106,4	106,6	106,8	106,9	107,1
120	125,6	125,8	126,0	126,2	126,3	126,5	126,7	126,8	127,0
140	145,6	145,8	145,9	146,1	146,2	146,4	146,6	146,7	146,9
160	165,8	165,9	166,0	166,2	166,3	166,5	166,6	166,8	166,9
180	186,2	186,3	186,4	186,6	186,7	186,8	187,0	187,1	187,3
200	206,6	206,8	207,0	207,1	207,2	207,3	207,4	207,5	207,7
210	217,0	217,2	217,3	217,4	217,5	217,6	217,7	217,8	218,0
220	227,5	227,7	227,8	227,9	228,0	228,1	228,2	228,3	228,4
230	238,2	238,3	238,4	238,5	238,6	238,7	238,8	238,9	239,0
240	249,1	249,1	249,2	249,3	249,3	249,4	249,5	249,6	249,7
250	260,1	260,1	260,2	260,2	260,3	260,3	260,4	260,4	260,5
260	271,1	271,1	271,1	271,2	271,3	271,3	271,3	271,4	271,5
270	282,4	282,4	282,4	282,4	282,4	282,5	282,5	282,6	282,6
280	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,8	293,9
290	305,4	305,4	305,4	305,4	305,4	305,3	305,3	305,3	305,3
300	317,2	317,2	317,2	317,1	317,0	316,9	316,9	316,8	316,8
310	329,5	329,3	329,2	329,1	329,0	328,9	328,8	328,7	328,6
320	342,0	341,8	341,6	341,5	341,3	341,2	341,1	340,9	340,8
330	355,1	354,8	354,6	354,4	354,2	354,0	353,8	353,6	353,4
340	369,0	368,6	368,2	367,9	367,6	367,3	367,0	366,7	366,5
350	383,5	383,0	382,5	382,0	381,6	381,2	380,9	380,5	380,2
360	399,0	398,2	397,5	396,8	396,2	395,7	395,2	394,8	394,3
370	416,3	415,8	413,8	412,7	411,7	410,8	410,1	409,5	408,9

Продолжение

t \ p	320	330	340	350	360	370	380	390	400
380	435,5	433,6	431,9	430,4	429,0	427,7	426,6	425,6	424,7
390	460,3	456,8	453,9	451,4	449,3	447,4	445,7	444,2	442,8
400	496,8	488,9	483,1	478,6	474,9	471,7	468,8	466,3	464,1
410	550,6	535,4	523,2	513,9	507,0	501,5	496,9	492,8	489,2
420	594,9	583,0	570,9	559,1	547,9	538,6	530,6	523,8	518,2
430	623,4	613,9	604,1	594,0	583,8	574,0	564,8	556,5	549,0
440	645,4	637,4	629,2	620,7	611,7	603,0	594,5	586,4	578,8
450	665,1	658,4	651,4	644,2	636,7	629,1	621,7	614,5	607,3
460	682,1	676,4	670,4	664,2	657,7	650,9	644,1	637,4	630,8
470	696,8	691,8	686,6	681,2	675,5	669,6	663,3	657,1	651,0
480	709,5	705,0	700,3	695,4	690,3	685,0	679,6	674,1	668,7
490	720,9	716,6	712,2	707,7	703,1	698,5	693,8	689,2	684,5
500	731,4	727,4	723,4	719,4	715,3	711,2	707,1	702,9	698,7
510	741,5	737,9	734,2	730,5	726,7	723,0	719,3	715,5	711,7
520	751,5	748,0	744,6	741,1	737,7	734,3	730,8	727,3	723,8
530	760,9	757,7	754,5	751,3	748,1	744,9	741,7	738,4	735,1
540	770,0	767,0	764,0	761,0	758,0	755,0	752,0	748,9	745,8
550	778,7	775,9	773,1	770,3	767,5	764,7	761,8	758,9	756,0
560	787,4	784,7	782,0	779,3	776,6	773,9	771,2	768,5	765,8
570	795,7	793,2	790,7	788,1	785,6	783,1	780,6	778,0	775,3
580	803,8	801,4	799,0	796,6	794,2	791,8	789,4	786,9	784,5
590	811,9	809,6	807,3	805,0	802,7	800,4	798,1	795,8	793,5
600	819,7	817,5	815,4	813,2	811,0	808,8	806,7	804,5	802,3
610	827,5	825,4	823,4	821,3	819,2	817,2	815,1	813,0	810,9
620	835,1	833,2	831,2	829,2	825,2	825,2	823,3	821,3	819,3
630	842,7	840,8	838,9	837,0	835,1	833,2	831,3	829,4	827,5
640	850,1	848,3	846,4	844,7	842,8	841,0	839,1	837,3	835,5
650	857,5	855,7	854,0	852,2	850,4	848,7	846,9	845,2	843,4

Продолжение

p / t	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
0	9,5	9,7	10,0	10,2	10,4	10,6	10,9	11,1	11,3	11,5
20	29,0	29,2	29,4	29,6	29,8	30,1	30,3	30,5	30,7	30,9
40	48,5	48,7	48,9	49,1	49,3	49,5	49,7	49,9	50,1	50,3
60	68,0	68,2	68,4	68,6	68,8	69,0	69,2	69,4	69,6	69,8
80	87,7	87,8	88,0	88,2	88,4	88,6	88,8	89,0	89,1	89,3
100	107,3	107,5	107,6	107,8	108,0	108,2	108,4	108,5	108,7	108,9
120	127,2	127,3	127,5	127,7	127,8	128,0	128,2	128,4	128,5	128,7
140	147,0	147,2	147,4	147,5	147,7	147,9	148,0	148,2	148,3	148,5
160	167,1	167,2	167,4	167,6	167,7	167,9	168,0	168,1	168,3	168,4
180	187,4	187,6	187,7	187,8	187,9	188,0	188,2	188,3	188,5	188,6
200	207,8	208,0	208,1	208,2	208,3	208,4	208,5	208,6	208,7	208,8
210	218,1	218,3	218,4	218,5	218,6	218,7	218,7	218,8	218,9	219,0
220	228,5	228,6	228,7	228,8	228,9	228,9	229,0	229,1	229,2	229,3
230	239,0	239,1	239,2	239,3	239,4	239,5	239,5	239,6	239,7	239,8
240	249,7	249,8	249,8	249,9	250,0	250,0	250,1	250,2	250,3	250,4
250	260,6	260,6	260,7	260,7	260,8	260,8	260,9	261,0	261,0	261,1
260	271,6	271,6	271,6	271,7	271,7	271,7	271,8	271,8	271,8	271,9
270	282,7	282,7	282,7	282,7	282,7	282,7	282,7	282,7	282,8	282,8
280	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9	293,9
290	305,3	305,3	305,2	305,2	305,2	305,1	305,1	305,1	305,1	305,1
300	316,8	316,8	316,7	316,7	316,6	316,6	316,6	316,5	316,5	316,4
310	328,5	328,5	328,4	328,4	328,3	328,2	328,2	328,0	328,0	327,9
320	340,6	340,5	340,4	340,3	340,2	340,1	340,0	339,9	339,8	339,7
330	353,2	353,0	352,8	352,6	352,4	352,3	352,1	352,0	351,9	351,8
340	366,2	365,9	365,6	365,3	365,1	365,0	364,8	364,6	364,4	364,2
350	379,8	379,4	379,0	378,6	378,3	378,0	377,7	377,4	377,1	376,9
360	393,8	393,3	392,8	392,3	391,9	391,5	391,1	390,7	390,3	390,0
370	408,3	407,7	407,1	406,5	405,9	405,3	404,8	404,3	403,8	403,3

Продолжение

t \ p	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
380	423,8	422,9	422,1	421,3	420,6	419,9	419,3	418,7	418,1	417,6
390	441,4	440,1	439,0	438,0	437,0	436,2	435,4	434,6	433,9	433,2
400	462,2	460,4	458,8	457,3	455,9	454,6	453,4	452,2	451,1	450,0
410	486,1	483,4	480,9	478,6	476,5	474,5	472,7	471,2	469,8	468,4
420	513,4	509,1	505,3	501,9	498,9	496,2	493,7	491,4	489,3	487,4
430	542,5	536,7	531,4	526,7	522,5	518,7	515,3	512,3	509,6	507,2
440	571,5	564,7	558,4	552,7	547,5	542,7	538,4	534,5	531,1	528,1
450	600,1	593,1	586,4	580,0	573,8	568,1	562,8	558,0	553,8	549,9
460	624,3	617,8	611,4	605,0	598,6	592,3	586,5	581,2	576,4	572,0
470	645,0	639,1	633,2	627,4	621,6	615,9	610,2	604,6	599,2	594,2
480	663,4	658,1	652,9	647,6	642,8	637,1	631,8	626,6	621,3	616,1
490	679,9	675,2	670,5	665,8	661,1	656,3	651,4	646,5	641,7	637,1
500	694,4	690,2	686,0	681,8	677,6	673,4	669,2	665,0	660,8	656,8
510	707,7	703,8	699,9	696,1	692,3	688,5	684,7	680,9	677,2	673,5
520	720,2	716,5	712,9	709,3	705,8	702,3	698,8	695,3	691,8	688,3
530	731,8	728,4	725,0	721,7	718,4	715,1	711,8	708,5	705,2	701,9
540	742,7	739,6	736,4	733,3	730,2	727,1	724,0	720,9	717,8	714,7
550	753,1	750,2	747,3	744,3	741,4	738,5	735,6	732,7	729,8	726,9
560	763,1	760,4	757,7	754,9	752,1	749,3	746,6	743,9	741,2	738,5
570	772,9	770,3	767,6	765,0	762,4	760,0	757,3	754,7	752,2	749,6
580	782,1	779,7	777,3	774,8	772,3	769,9	767,4	765,0	762,6	760,2
590	791,2	788,9	786,6	784,3	781,9	779,6	777,3	775,0	772,7	770,4
600	800,1	797,9	795,6	793,4	791,2	789,0	786,8	784,6	782,4	780,2
610	808,8	806,7	804,5	802,4	800,2	798,2	796,1	794,0	791,9	789,7
620	817,3	815,3	813,2	811,2	809,1	807,1	805,1	803,1	801,1	799,0
630	825,6	823,7	821,7	819,8	817,8	815,9	813,9	812,0	810,1	808,1
640	833,7	831,8	830,0	828,1	826,3	824,5	822,6	820,8	818,9	817,0
650	841,6	839,9	838,2	836,4	834,6	832,8	831,0	829,2	827,5	825,7

Таблица 6-4. **Теплопроводность $\lambda \cdot 10^2$ *ккал/м · час · град* воды и пара в зависимости от *p кГ/см²* и *t* °С**

Значения теплопроводности для воды и пара отделены в таблице жирной линией, линейная интерполяция через которую недопустима. λ' и λ'' — теплопроводности воды и пара на линии насыщения.

t \ *p*	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\lambda' \cdot 10^2$	$\lambda'' \cdot 10^2$
0	47,4	47,4	47,5	47,5	47,6	47,7	47,8	48,0	48,2	48,4	48,6	48,8	47,4	—
10	49,4	49,4	49,5	49,6	49,7	49,8	50,0	50,2	50,4	50,7	50,9	51,2	49,4	—
20	51,5	51,5	51,6	51,7	51,8	51,9	52,1	52,3	52,5	52,8	53,0	53,3	51,5	—
30	53,1	53,1	53,2	53,3	53,4	53,5	53,7	54,0	54,2	54,5	54,7	55,0	53,1	—
40	54,5	54,5	54,6	54,7	54,8	54,9	55,1	55,4	55,6	55,9	56,1	56,4	54,5	—
50	55,7	55,7	55,8	55,9	56,0	56,1	56,3	56,5	56,7	57,0	57,2	57,5	55,7	—
60	56,7	56,7	56,8	56,9	57,0	57,1	57,3	57,5	57,7	58,0	58,2	58,5	56,7	—
70	57,4	57,4	57,5	57,6	57,7	57,8	58,0	58,3	58,5	58,8	59,0	59,3	57,4	—
80	58,0	58,0	58,1	58,2	58,3	58,4	58,6	58,9	59,1	59,4	59,6	59,9	58,0	—
90	58,5	58,5	58,6	58,7	58,8	58,9	59,1	59,4	59,6	59,9	60,1	60,4	58,5	—
100	2,04	58,8	58,9	59,0	59,1	59,3	59,5	59,8	60,0	60,3	60,5	60,8	58,7	2,04
110	2,12	58,9	59,0	59,1	59,3	59,5	59,7	60,0	60,2	60,5	60,7	61,2	58,9	2,14
120	2,21	59,0	59,1	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,8	61,1	61,4	59,0	2,23
130	2,29	59,0	59,1	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,9	61,1	61,4	59,0	2,31
140	2,37	58,9	59,0	59,2	59,4	59,6	59,9	60,2	60,5	60,8	61,2	61,5	58,9	2,40
150	2,44	58,8	59,0	59,2	59,4	59,6	59,8	60,1	60,4	60,8	61,1	61,5	58,8	2,48
160	2,53	58,7	58,8	58,9	59,1	59,3	59,6	59,9	60,3	60,6	61,0	61,3	58,7	2,59
170	2,61	58,4	58,5	58,7	58,9	59,1	59,4	59,7	60,0	60,3	60,7	61,1	58,4	2,69
180	2,71	58,0	58,1	58,3	58,5	58,7	59,0	59,3	59,6	60,0	60,4	60,9	58,0	2,81

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\lambda' \cdot 10^2$	$\lambda'' \cdot 10^2$
190	2,80	57,6	57,7	57,9	58,1	58,3	58,6	58,9	59,3	59,7	60,1	60,6	57,6	2,94
200	2,88	57,0	57,2	57,4	57,6	57,8	58,1	58,4	58,8	59,3	59,7	60,2	57,0	3,05
210	2,98	56,3	56,5	56,7	56,9	57,2	57,6	58,0	58,3	58,7	59,2	59,7	56,3	3,20
220	3,07	3,27	55,7	55,9	56,1	56,4	56,8	57,2	57,7	58,2	58,6	59,1	55,5	3,35
230	3,16	3,38	54,9	55,1	55,3	55,6	56,0	56,5	56,9	57,4	57,8	58,3	54,8	3,52
240	3,24	3,44	54,0	54,2	54,4	54,7	55,2	55,7	56,2	56,7	57,2	57,7	54,0	3,69
250	3,33	3,52	3,87	53,1	53,3	53,7	54,2	54,7	55,2	55,7	56,2	56,7	53,1	3,88
260	3,43	3,61	3,93	52,1	52,3	52,6	53,1	53,6	54,1	54,7	55,2	55,8	52,0	4,13
270	3,53	3,72	4,03	50,7	51,0	51,4	52,0	52,6	53,1	53,7	54,3	54,9	50,7	4,39
280	3,62	3,80	4,08	4,51	49,5	50,0	50,6	51,2	51,9	52,6	53,2	53,8	49,4	4,72
290	3,71	3,89	4,17	4,48	48,0	48,4	49,0	49,7	50,5	51,3	52,0	52,7	48,0	5,01
300	3,80	3,95	4,23	4,60	5,14	46,6	47,3	48,0	48,6	49,2	49,6	50,1	46,4	5,39
310	3,91	4,08	4,34	4,69	5,17	5,85	45,8	46,5	47,2	47,9	48,4	49,0	45,0	5,88
320	4,01	4,18	4,43	4,75	5,20	5,78	44,1	45,1	45,9	46,5	47,2	47,9	43,5	6,46
330	4,10	4,26	4,51	4,82	5,24	5,77	42,0	43,4	44,3	45,2	45,9	46,6	41,6	7,10
340	4,20	4,36	4,60	4,90	5,28	5,77	39,3	41,4	42,6	43,7	44,4	45,2	39,3	8,00
350	4,30	4,44	4,67	4,96	5,33	5,77	7,64	38,9	40,7	41,9	42,8	43,7	37,0	9,20
360	4,39	4,53	4,76	5,04	5,39	5,81	7,40	35,4	38,3	39,9	41,0	42,2	34,0	11,0
370	4,50	4,64	4,86	5,13	5,46	5,85	7,27	10,6	34,8	37,6	39,1	40,4	29,0	14,7
380	4,61	4,74	4,95	5,22	5,54	5,91	7,20	9,55	27,6	34,5	36,5	38,4	—	—
390	4,72	4,85	5,05	5,30	5,62	5,98	7,17	9,15	14,7	29,9	33,4	36,1	—	—
400	4,81	4,94	5,14	5,38	5,69	6,01	7,12	8,84	12,2	22,1	29,9	33,5	—	—

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\lambda' \cdot 10^2$	$\lambda'' \cdot 10^2$
410	4,91	5,04	5,24	5,48	5,76	6,08	7,12	8,61	11,2	17,2	25,3	30,5	—	—
420	5,02	5,15	5,35	5,58	5,85	6,16	7,14	8,53	10,7	14,5	20,9	26,9	—	—
430	5,12	5,25	5,44	5,67	5,93	6,23	7,16	8,45	10,3	13,2	17,9	23,0	—	—
440	5,23	5,36	5,54	5,77	6,01	6,31	7,20	8,38	10,1	12,4	16,0	20,1	—	—
450	5,33	5,46	5,64	5,88	6,10	6,38	7,23	8,35	9,84	11,9	14,8	18,2	—	—
460	5,45	5,58	5,76	5,99	6,20	6,47	7,29	8,35	9,70	11,5	14,0	16,8	—	—
470	5,56	5,69	5,87	6,09	6,29	6,56	7,35	8,34	9,62	11,3	13,5	15,8	—	—
480	5,68	5,80	5,97	6,18	6,40	6,65	7,41	8,36	9,56	11,1	13,0	15,1	—	—
490	5,78	5,90	6,06	6,26	6,48	6,73	7,46	8,37	9,51	10,9	12,6	14,4	—	—
500	5,88	6,00	6,16	6,35	6,57	6,81	7,52	8,39	9,46	10,8	12,3	14,0	—	—
510	6,00	6,12	6,28	6,47	6,67	6,91	7,60	8,42	9,45	10,7	12,1	13,7	—	—
520	6,11	6,22	6,38	6,57	6,77	7,00	7,67	8,47	9,41	10,6	11,9	13,5	—	—
530	6,22	6,33	6,48	6,67	6,87	7,09	7,74	8,52	9,44	10,5	11,8	13,3	—	—
540	6,32	6,42	6,57	6,76	6,96	7,17	7,81	8,56	9,45	10,5	11,7	13,1	—	—
550	6,44	6,54	6,69	6,88	7,06	7,28	7,90	8,62	9,48	10,5	11,6	12,9	—	—
560	6,56	6,66	6,81	6,99	7,17	7,38	7,98	8,69	9,52	10,5	11,6	12,8	—	—
570	6,68	6,78	6,92	7,09	7,28	7,49	8,07	8,77	9,56	10,5	11,5	12,7	—	—
580	6,79	6,89	7,03	7,19	7,38	7,57	8,16	8,83	9,60	10,4	11,4	12,6	—	—
590	6,91	7,01	7,14	7,29	7,49	7,67	8,25	8,90	9,65	10,4	11,5	12,5	—	—
600	7,03	7,13	7,26	7,42	7,60	7,79	8,34	8,99	9,70	10,4	11,5	12,4	—	—
650	7,62	7,70	7,81	7,94	8,09	8,25	8,72	9,27	9,87	10,5	11,5	12,3	—	—
700	8,22	8,29	8,39	8,50	8,64	8,78	9,20	9,70	10,2	10,7	11,7	12,4	—	—

Таблица 6-5. **Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$ кГ·сек/м² воды и пара в зависимости от p кГ/см² и t °С**

Значения динамической вязкости для воды и пара отделены в таблице жирной линией, линейная интерполяция через которую недопустима. μ' и μ'' — вязкости воды и пара на линии насыщения.

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\mu' \cdot 10^6$	$\mu'' \cdot 10^6$
0	182	182	182	181	181	181	180	179	178	176	175	174	182,3	0,84
10	133	133	133	133	133	132	132	132	131	131	130	130	133,1	0,87
20	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102,4	0,91
30	81,7	81,7	81,8	81,8	81,8	81,8	81,9	81,9	82,0	82,1	82,1	82,2	81,7	0,95
40	66,6	66,6	66,6	66,7	66,8	66,8	66,9	67,0	67,1	67,3	67,4	67,5	66,6	0,99
50	56,0	56,0	56,1	56,1	56,2	56,2	56,3	56,5	56,6	56,8	56,9	57,0	56,0	1,02
60	47,9	47,9	48,0	48,0	48,1	48,1	48,2	48,4	48,6	48,8	48,9	49,1	47,9	1,06
70	41,4	41,4	41,5	41,5	41,6	41,6	41,7	41,9	42,0	42,2	42,3	42,5	41,4	1,10
80	36,2	36,2	36,3	36,3	36,4	36,4	36,5	36,7	36,8	37,0	37,1	37,3	36,2	1,14
90	32,1	32,1	32,2	32,2	32,3	32,3	32,4	32,6	32,7	32,9	33,0	33,2	31,1	1,18
100	1,22	28,8	28,9	28,9	29,0	29,0	29,1	29,3	29,4	29,6	29,7	29,9	28,8	1,22
110	1,26	26,4	26,5	26,5	26,6	26,6	26,7	26,9	27,0	27,2	27,3	27,5	26,4	1,27
120	1,30	24,2	24,3	24,3	24,4	24,4	24,5	24,7	24,8	25,0	25,1	25,3	24,2	1,31
130	1,34	22,2	22,3	22,3	22,4	22,4	22,5	22,7	22,8	23,0	23,1	23,3	22,2	1,35
140	1,38	20,5	20,6	20,6	20,7	20,7	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,4	20,5	1,38
150	1,42	19,0	19,1	19,1	19,2	19,2	19,3	19,4	19,5	19,7	19,8	19,9	19,0	1,42
160	1,46	17,7	17,8	17,8	17,9	17,9	18,0	18,1	18,2	18,4	18,5	18,6	17,7	1,46
170	1,50	16,6	16,7	16,7	16,8	16,8	16,9	17,0	17,1	17,3	17,4	17,5	16,6	1,50
180	1,54	15,6	15,7	15,7	15,8	15,8	15,9	16,0	16,1	16,3	16,4	16,5	15,6	1,54

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\mu' \cdot 10^6$	$\mu'' \cdot 10^6$
190	1,58	14,7	14,8	14,8	14,9	14,9	15,0	15,1	15,2	15,4	15,5	15,6	14,7	1,59
200	1,62	13,9	14,0	14,0	14,1	14,1	14,2	14,3	14,4	14,6	14,8	14,9	13,9	1,63
210	1,66	13,3	13,4	13,4	13,5	13,5	13,6	13,7	13,8	14,0	14,1	14,2	13,3	1,67
220	1,70	1,72	12,8	12,8	12,9	12,9	13,0	13,1	13,2	13,4	13,5	13,6	12,7	1,72
230	1,75	1,76	12,2	12,3	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7	12,9	13,0	13,1	12,2	1,77
240	1,79	1,80	11,7	11,8	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,6	11,7	1,81
250	1,83	1,84	1,86	11,3	11,3	11,4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	11,2	1,86
260	1,87	1,88	1,91	10,9	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,5	11,6	11,7	10,8	1,92
270	1,91	1,92	1,95	10,5	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,1	11,2	11,3	10,4	1,97
280	1,96	1,97	1,99	2,02	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,7	10,8	10,9	10,0	2,03
290	2,00	2,01	2,03	2,06	9,7	9,8	9,90	10,0	10,1	10,3	10,4	10,5	9,6	2,10
300	2,04	2,05	2,07	2,10	2,14	9,3	9,42	9,60	9,72	9,85	9,98	10,1	9,3	2,17
310	2,08	2,09	2,11	2,14	2,18	2,24	9,14	9,26	9,38	9,51	9,62	9,72	9,0	2,24
320	2,13	2,13	2,15	2,18	2,21	2,27	8,81	8,92	9,04	9,16	9,27	9,38	8,7	2,33
330	2,17	2,18	2,19	2,22	2,25	2,30	8,42	8,55	8,68	8,82	8,92	9,03	8,3	2,44
340	2,21	2,22	2,24	2,26	2,29	2,33	7,94	8,14	8,30	8,47	8,57	8,70	7,9	2,57
350	2,25	2,26	2,28	2,30	2,33	2,37	2,55	7,64	7,88	8,09	8,22	8,36	7,4	2,71
360	2,30	2,31	2,32	2,34	2,37	2,41	2,56	7,04	7,40	7,66	7,86	8,01	6,8	2,97
370	2,34	2,35	2,37	2,38	2,41	2,44	2,58	2,95	6,84	7,20	7,46	7,65	5,8	3,44
380	2,38	2,39	2,41	2,43	2,45	2,48	2,61	2,87	5,61	6,65	7,00	7,27	—	—
390	2,43	2,44	2,45	2,47	2,50	2,52	2,64	2,85	3,49	5,85	6,49	6,88	—	—
400	2,47	2,48	2,50	2,51	2,54	2,57	2,67	2,85	3,24	4,60	5,77	6,39	—	—

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\mu' \cdot 10^6$	$\mu'' \cdot 10^6$
410	2,52	2,53	2,54	2,56	2,58	2,61	2,70	2,86	3,15	3,92	5,01	5,82	—	—
420	2,56	2,57	2,58	2,60	2,63	2,65	2,73	2,88	3,12	3,59	4,44	5,27	—	—
430	2,61	2,61	2,62	2,64	2,66	2,69	2,77	2,90	3,11	3,47	4,08	4,81	—	—
440	2,65	2,66	2,67	2,69	2,71	2,73	2,81	2,93	3,12	3,40	3,88	4,44	—	—
450	2,70	2,70	2,72	2,73	2,75	2,77	2,85	2,96	3,12	3,37	3,74	4,19	—	—
460	2,74	2,75	2,76	2,77	2,79	2,82	2,89	3,00	3,14	3,35	3,67	4,03	—	—
470	2,79	2,79	2,80	2,82	2,84	2,86	2,93	3,03	3,16	3,35	3,62	3,94	—	—
480	2,84	2,84	2,85	2,86	2,88	2,90	2,97	3,06	3,19	3,36	3,59	3,88	—	—
490	2,88	2,88	2,89	2,91	2,92	2,94	3,01	3,10	3,22	3,37	3,58	3,83	—	—
500	2,93	2,93	2,94	2,95	2,97	2,99	3,05	3,14	3,25	3,39	3,58	3,80	—	—
510	2,97	2,97	2,98	3,00	3,01	3,03	3,09	3,17	3,28	3,41	3,59	3,79	—	—
520	3,01	3,02	3,03	3,04	3,06	3,07	3,13	3,21	3,31	3,44	3,60	3,79	—	—
530	3,06	3,06	3,07	3,09	3,10	3,12	3,18	3,25	3,35	3,47	3,62	3,79	—	—
540	3,10	3,11	3,12	3,13	3,15	3,16	3,22	3,29	3,38	3,50	3,64	3,80	—	—
550	3,15	3,16	3,16	3,18	3,19	3,21	3,26	3,33	3,42	3,53	3,66	3,81	—	—
560	3,20	3,20	3,21	3,22	3,24	3,25	3,31	3,37	3,46	3,56	3,68	3,82	—	—
570	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	3,30	3,35	3,41	3,50	3,59	3,71	3,84	—	—
580	3,29	3,29	3,30	3,31	3,33	3,34	3,39	3,46	3,53	3,63	3,74	3,86	—	—
590	3,33	3,34	3,35	3,36	3,37	3,39	3,43	3,50	3,57	3,66	3,77	3,88	—	—
600	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,48	3,54	3,61	3,70	3,80	3,90	—	—
650	3,64	3,65	3,66	3,67	3,68	3,69	3,73	3,79	3,86	3,94	4,02	4,11	—	—
700	3,90	3,91	3,92	3,93	3,94	3,95	3,99	4,05	4,12	4,20	4,28	4,35	—	—

Таблица 6-6. Кинематическая вязкость $\nu \cdot 10^6$ $м^2/сек$ воды и пара в зависимости от p $кГ/см^2$ и t °С

Значения кинематической вязкости для воды и пара отделены в таблице жирной линией, линейная интерполяция через которую недопустима. ν' и ν'' — вязкости воды и пара на линии насыщения.

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\nu' \cdot 10^6$	$\nu'' \cdot 10^6$
0	1,786	1,784	1,782	1,771	1,769	1,767	1,753	1,739	1,726	1,702	1,689	1,675	1,789	1700
10	1,305	1,304	1,303	1,293	1,291	1,289	1,287	1,284	1,271	1,269	1,255	1,252	1,307	908,4
20	1,002	1,002	1,001	0,998	0,999	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	1,006	516,3
30	0,805	0,804	0,804	0,804	0,803	0,802	0,802	0,799	0,800	0,799	0,797	0,797	0,805	306,8
40	0,658	0,658	0,657	0,658	0,658	0,658	0,657	0,657	0,657	0,657	0,657	0,657	0,658	189,8
50	0,556	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556	0,555	0,554	0,556	0,557	0,557	0,557	0,556	120,5
60	0,478	0,477	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,479	0,480	0,481	0,481	0,482	0,478	79,8
70	0,415	0,415	0,416	0,415	0,416	0,415	0,420	0,421	0,417	0,418	0,418	0,419	0,415	54,4
80	0,365	0,365	0,366	0,365	0,366	0,366	0,366	0,367	0,367	0,369	0,369	0,370	0,365	38,1
90	0,325	0,325	0,327	0,326	0,327	0,327	0,327	0,328	0,329	0,330	0,330	0,335	0,326	27,3
100	20,7	0,294	0,295	0,295	0,296	0,296	0,296	0,297	0,298	0,299	0,299	0,301	0,295	20,0
110	21,0	0,272	0,273	0,273	0,273	0,273	0,274	0,275	0,275	0,276	0,277	0,278	0,273	15,1
120	23,4	0,251	0,252	0,252	0,253	0,253	0,253	0,254	0,255	0,256	0,257	0,258	0,252	11,5
130	24,2	0,233	0,233	0,234	0,234	0,235	0,235	0,236	0,236	0,237	0,238	0,240	0,233	8,85
140	26,1	0,217	0,218	0,218	0,218	0,218	0,219	0,219	0,220	0,221	0,222	0,222	0,217	6,89
150	27,5	0,203	0,204	0,204	0,204	0,204	0,205	0,205	0,206	0,207	0,208	0,208	0,203	5,47
160	29,0	0,191	0,191	0,192	0,192	0,192	0,193	0,193	0,194	0,195	0,196	0,197	0,191	4,39
170	30,5	0,181	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,184	0,185	0,186	0,186	0,187	0,182	3,57
180	32,0	0,172	0,173	0,173	0,174	0,174	0,174	0,175	0,175	0,176	0,177	0,178	0,173	2,93

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\nu' \cdot 10^6$	$\nu'' \cdot 10^6$
190	33,6	0,165	0,165	0,165	0,166	0,166	0,166	0,166	0,167	0,168	0,169	0,170	0,165	2,44
200	35,2	0,158	0,158	0,158	0,159	0,159	0,159	0,160	0,160	0,162	0,164	0,168	0,158	2,03
210	36,8	0,153	0,154	0,154	0,154	0,154	0,155	0,155	0,156	0,157	0,158	0,158	0,153	1,709
220	38,5	1,759	0,149	0,149	0,149	0,150	0,150	0,151	0,152	0,153	0,153	0,154	0,148	1,452
230	40,5	1,860	0,144	0,145	0,145	0,146	0,146	0,147	0,147	0,149	0,149	0,150	0,145	1,241
240	42,2	1,958	0,141	0,141	0,142	0,142	0,143	0,143	0,144	0,145	0,146	0,146	0,141	1,059
250	44,0	2,054	0,930	0,138	0,138	0,139	0,139	0,141	0,141	0,143	0,143	0,144	0,137	0,913
260	45,9	2,154	0,993	0,136	0,136	0,137	0,137	0,137	0,138	0,139	0,139	0,140	0,135	0,794
270	47,7	2,253	1,051	0,134	0,134	0,134	0,134	0,135	0,135	0,136	0,137	0,137	0,133	0,688
280	49,9	2,367	1,108	0,675	0,132	0,132	0,132	0,132	0,133	0,134	0,134	0,135	0,131	0,600
290	51,9	2,471	1,166	0,720	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,131	0,132	0,132	0,129	0,526
300	53,8	2,576	1,220	0,764	0,525	0,128	0,128	0,128	0,128	0,129	0,129	0,130	0,128	0,461
310	55,9	2,682	1,280	0,808	0,564	0,407	0,127	0,127	0,127	0,127	0,128	0,128	0,128	0,403
320	58,2	2,787	1,337	0,850	0,598	0,443	0,127	0,127	0,126	0,126	0,126	0,126	0,128	0,353
330	60,3	2,908	1,393	0,892	0,633	0,475	0,127	0,126	0,125	0,125	0,125	0,124	0,127	0,310
340	62,5	3,018	1,458	0,934	0,668	0,505	0,128	0,126	0,125	0,124	0,124	0,123	0,127	0,272
350	64,5	3,130	1,517	0,975	0,703	0,536	0,300	0,125	0,124	0,124	0,123	0,122	0,126	0,234
360	67,2	3,259	1,576	1,018	0,737	0,567	0,322	0,127	0,124	0,123	0,123	0,122	0,126	0,202
370	69,4	3,363	1,644	1,060	0,771	0,594	0,354	0,216	0,125	0,123	0,122	0,122	0,126	0,166
380	71,6	3,496	1,705	1,106	0,805	0,623	0,377	0,244	0,129	0,125	0,122	0,121	—	—
390	74,3	3,629	1,767	1,150	0,842	0,652	0,400	0,268	0,176	0,127	0,121	0,122	—	—
400	76,7	3,752	1,837	1,193	0,876	0,683	0,423	0,289	0,202	0,138	0,123	0,122	—	—

Продолжение

t \ p	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	$\nu' \cdot 10^6$	$\nu'' \cdot 10^6$
410	79,2	3,889	1,900	1,242	0,910	0,712	0,443	0,308	0,222	0,166	0,128	0,122	—	—
420	81,8	4,014	1,965	1,286	0,948	0,740	0,464	0,326	0,241	0,183	0,143	0,126	—	—
430	84,5	4,140	2,030	1,331	0,979	0,769	0,486	0,344	0,258	0,200	0,160	0,135	—	—
440	87,2	4,285	2,103	1,381	1,018	0,798	0,507	0,363	0,274	0,215	0,175	0,145	—	—
450	90,1	4,415	2,178	1,427	1,053	0,828	0,529	0,379	0,290	0,230	0,189	0,158	—	—
460	92,7	4,564	2,245	1,473	1,088	0,860	0,550	0,398	0,305	0,244	0,203	0,170	—	—
470	95,7	4,699	2,314	1,525	1,128	0,890	0,572	0,414	0,320	0,258	0,216	0,183	—	—
480	98,8	4,850	2,392	1,572	1,164	0,919	0,593	0,433	0,335	0,272	0,228	0,195	—	—
490	101,3	4,987	2,462	1,626	1,201	0,949	0,615	0,448	0,350	0,284	0,240	0,206	—	—
500	104,5	5,145	2,543	1,674	1,243	0,983	0,636	0,466	0,364	0,297	0,251	0,217	—	—
510	107,3	5,288	2,615	1,729	1,280	1,014	0,658	0,482	0,378	0,309	0,263	0,227	—	—
520	110,1	5,451	2,697	1,778	1,322	1,045	0,680	0,499	0,392	0,322	0,274	0,238	—	—
530	113,4	5,595	2,771	1,834	1,360	1,080	0,704	0,517	0,408	0,335	0,285	0,248	—	—
540	116,3	5,760	2,856	1,885	1,404	1,111	0,726	0,534	0,421	0,348	0,296	0,258	—	—
550	119,6	5,930	2,932	1,942	1,443	1,149	0,749	0,552	0,436	0,360	0,307	0,268	—	—
560	123,0	6,084	3,018	1,995	1,487	1,182	0,774	0,570	0,451	0,373	0,317	0,277	—	—
570	126,0	6,258	3,105	2,054	1,527	1,217	0,796	0,589	0,466	0,384	0,329	0,287	—	—
580	129,5	6,413	3,184	2,107	1,572	1,251	0,819	0,608	0,480	0,398	0,340	0,297	—	—
590	132,6	6,589	3,273	2,167	1,613	1,287	0,842	0,625	0,495	0,410	0,351	0,306	—	—
600	136,6	6,788	3,372	2,234	1,663	1,324	0,867	0,643	0,510	0,424	0,362	0,316	—	—
650	155,0	7,720	3,845	2,548	1,901	1,513	0,999	0,746	0,594	0,495	0,424	0,371	—	—
700	175,1	8,730	4,349	2,889	2,159	1,720	1,402	0,854	0,684	0,571	0,491	0,430	—	—

Таблица 6-7. **Физические параметры воды и пара на линии насыщения в зависимости от p кГ/см² абс**

p	t°C	Вода							Пар					
		c_p, ккал/кг·град	$10^2 \cdot \lambda$, ккал/м·час·град	$10^4 \cdot a$, м²/час	$10^6 \cdot \mu$, кГ·сек/м²	$10^6 \cdot \nu$, м²/сек	Pr	$10^3 \cdot \sigma$, кГ/м	c_p, ккал/кг·град	$10^2 \cdot \lambda$, ккал/м·час·град	$10^4 \cdot a$, м²/сек	$10^6 \cdot \mu$, кГ·сек/м²	$10^6 \cdot \nu$, м²/сек	Pr
1	99,1	1,007	58,7	6,08	27,7	0,283	1,68	6,01	0,509	2,05	69,5	1,27	21,49	1,11
5	151,1	1,031	58,8	6,23	18,8	0,201	1,16	4,94	0,574	2,51	16,7	1,42	5,32	1,15
10	179,0	1,054	58,0	6,20	15,7	0,173	1,01	4,32	0,642	2,80	8,64	1,54	2,99	1,25
15	197,4	1,073	57,2	6,14	14,1	0,159	0,93	3,96	0,699	3,02	5,80	1,62	2,13	1,32
20	211,4	1,090	56,3	6,07	13,2	0,152	0,90	3,58	0,750	3,22	4,36	1,68	1,67	1,38
25	222,9	1,106	55,5	6,00	12,5	0,146	0,88	3,32	0,795	3,40	3,48	1,73	1,38	1,43
30	232,8	1,123	54,7	5,91	12,1	0,144	0,88	3,08	0,842	3,57	2,84	1,77	1,163	1,48
35	241,4	1,139	53,9	5,83	11,7	0,141	0,87	2,87	0,890	3,72	2,41	1,81	1,034	1,54
40	249,2	1,155	53,1	5,74	11,3	0,138	0,87	2,68	0,940	3,87	2,09	1,85	0,921	1,59
45	256,2	1,172	52,3	5,65	11,0	0,137	0,87	2,51	0,990	4,02	1,82	1,89	0,833	1,64
50	262,7	1,189	51,5	5,56	10,7	0,135	0,87	2,36	1,044	4,19	1,62	1,93	0,762	1,70
60	274,3	1,225	50,1	5,38	10,3	0,133	0,89	2,08	1,158	4,52	1,29	2,00	0,650	1,81
70	284,5	1,272	48,8	5,17	9,9	0,131	0,91	1,83	1,272	4,83	1,06	2,06	0,566	1,92
80	293,6	1,330	47,5	4,92	9,5	0,128	0,94	1,62	1,398	5,14	0,88	2,12	0,500	2,04
90	301,9	1,382	46,2	4,72	9,2	0,127	0,97	1,43	1,531	5,48	0,75	2,18	0,448	2,15
100	309,5	1,447	45,0	4,49	9,0	0,127	1,02	1,25	1,683	5,85	0,641	2,24	0,405	2,28
110	316,6	1,526	43,9	4,26	8,7	0,126	1,07	1,09	1,868	6,23	0,547	2,30	0,370	2,43
120	323,2	1,616	42,8	4,02	8,5	0,126	1,13	0,95	2,082	6,65	0,467	2,36	0,338	2,61
130	329,3	1,72	41,6	3,76	8,3	0,126	1,21	0,80	2,33	7,06	0,398	2,43	0,313	2,83
140	335,1	1,83	40,5	3,54	8,1	0,126	1,29	0,68	2,63	7,51	0,338	2,50	0,290	3,09
160	345,7	2,11	38,1	3,06	7,6	0,126	1,48	0,47	3,43	8,64	0,242	2,65	0,250	3,72
180	355,4	2,60	35,5	2,47	7,1	0,126	1,84	0,28	5,60	10,05	0,140	2,84	0,217	5,59
200	364,1	6,00	32,2	1,07	6,4	0,126	4,20	0,14	8,7	12,52	0,089	3,10	0,188	7,61
214	369,7	9,45	29,2	0,68	5,8	0,126	6,63	0,06	13,2	14,6	0,055	3,41	0,167	10,9

Таблица 6-8. Физические параметры тяжелой воды при температуре насыщения [1])

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	λ [2]), $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$\mu \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$\nu \cdot 10^6$, $\frac{м^2}{сек}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	r, $\frac{ккал}{кг}$
10	0,0106	1106,0	0,492	171,8	1,524	—	549,5
20	0,0207	1105,4	0,501	127,7	1,133	1,005	543,5
30	0,0380	1103,3	0,510	103,3	0,918	1,002	537,6
40	0,0668	1100,0	0,518	80,7	0,720	1,001	531,5
50	0,1136	1095,8	0,525	67,1	0,601	1,000	525,7
60	0,1856	1090,6	0,532	56,9	0,512	1,000	519,9
70	0,2937	1084,7	0,538	48,8	0,441	0,999	514,0
80	0,4507	1078,2	0,543	42,4	0,386	0,999	508,0
90	0,6735	1071,1	0,546	37,4	0,342	1,000	502,0
100	0,9816	1063,3	0,548	33,4	0,308	1,000	495,6
110	1,398	1055,2	0,548	30,4	0,283	1,000	489,2
120	1,950	1046,4	0,547	27,8	0,261	1,001	482,8
130	2,669	1037,1	0,545	25,4	0,240	1,002	475,9
140	3,589	1027,4	0,543	23,4	0,234	1,004	469,1
150	4,748	1017,0	0,540	21,6	0,208	1,005	462,1
160	6,191	1006,3	0,536	20,0	0,195	1,009	454,7
170	7,961	994,8	0,530	18,8	0,185	1,014	447,0
180	10,11	983,3	0,524	17,6	0,176	1,019	439,3
190	12,70	971,0	0,518	16,5	0,167	1,027	431,1
200	15,76	958,1	0,511	15,6	0,160	1,035	422,7
210	19,39	944,7	0,503	14,9	0,155	1,044	414,0
220	23,62	930,6	0,493	14,2	0,150	1,056	404,6
230	28,54	915,9	0,483	13,6	0,146	1,070	—
240	34,26	900,3	0,472	13,1	0,140	1,087	—
250	—	884,0	0,461	12,5	0,139	1,107	—
260	—	866,7	0,449	12,0	0,136	1,131	—
270	—	848,4	0,437	11,5	0,133	1,159	—
280	—	828,8	0,424	11,1	0,131	1,195	—
290	—	807,9	0,411	—	—	1,155	—
300	—	785,2	0,397	—	—	1,312	—

Примечания к табл. 6-8. [1]) По Reactor Handbook, Vol. 2, May 1955 и Атомная энергия 7, вып. 5 (1959). [2]) Теплопроводность λ в интервале температур 310—360° С (через 10° С) имеет соответственно следующие значения: 0,382; 0,365; 0,346; 0,325; 0,300; 0,265.

§ 6-2. Физические параметры органических веществ, жидких металлов и смеси солей Na и K

Таблица 6-9. Физические параметры дифенильной смеси

В состав дифенильной смеси входят по весу 73,5% дифенилоксида ($C_{12}H_{10}O$) и 26,5% дифенила ($C_{12}H_{10}$). Дифенилоксид имеет температуру плавления $t_{пл} = 27°$ С и температуру кипения $t_{кип} = 259°$ С. У дифенила $t_{пл} = 67°$ С, $t_{кип} = 255{,}3°$ С.

Температура плавления дифенильной смеси $t_{пл} = 12°$ С, а температура кипения $t_{кип} = 258°$ С.

t, °С	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	c'_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	λ', $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$\mu' \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$\mu'' \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$\nu' \cdot 10^6$, $\frac{м^2}{сек}$	$\nu'' \cdot 10^6$, $\frac{м^2}{сек}$	Pr
20	—	1060	—	3	93	90	0,38	0,118	444	—	4,11	—	50
30	—	1052	—	7	96	89	0,39	0,116	340	—	3,19	—	40
40	—	1044	—	11	99	88	0,40	0,115	268	—	2,51	—	33
50	—	1036	—	15	102	87	0,40	0,114	219	—	2,07	—	27
60	—	1028	—	19	105	86	0,41	0,113	182	—	1,73	—	23
70	—	1020	—	23	108,5	85,5	0,42	0,111	155	—	1,49	—	20,5
80	—	1012	—	27,5	112	84,5	0,43	0,110	133	—	1,29	—	18,5
90	—	1003	—	32	115,5	83,5	0,44	0,109	116	—	1,14	—	16,5
100	0,006	995	0,035	36,5	119	82,5	0,45	0,108	103	0,69	1,01	192	15
110	0,010	987	0,056	41	122,5	81,5	0,46	0,106	91,3	0,71	0,907	123	14
120	0,017	978	0,087	45,5	126	80,5	0,47	0,105	82,0	0,73	0,822	82	13
130	0,025	970	0,12	50,5	130,5	80,0	0,48	0,104	74,3	0,75	0,746	60	12

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	c_p', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	λ', $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$\mu' \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$\mu'' \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$\nu' \cdot 10^6$, $\frac{м^2}{сек}$	$\nu'' \cdot 10^6$, $\frac{м^2}{сек}$	Pr
140	0,038	961	0,18	55,5	134,5	79	0,49	0,103	67,2	0,77	0,686	42	11,3
150	0,053	953	0,24	60,5	139	78,5	0,51	0,102	61,5	0,79	0,633	32	10,9
160	0,076	945	0,33	65,5	143,5	78	0,52	0,100	56,3	0,81	0,574	24	10,3
170	0,11	937	0,45	71	148	77	0,53	0,099	51,9	0,83	0,544	18	9,8
180	0,15	928	0,60	76	152,5	76,5	0,54	0,098	48,0	0,85	0,508	14	9,4
190	0,20	920	0,81	81,5	157	75,5	0,55	0,097	44,6	0,87	0,476	10,5	9,0
200	0,25	912	0,99	87	162	75	0,56	0,095	41,5	0,89	0,446	8,8	8,6
210	0,33	904	1,3	93	167	74	0,57	0,094	38,7	0,91	0,421	6,8	8,3
220	0,42	896	1,6	99	172	73	0,58	0,093	36,3	0,93	0,397	5,6	8,0
230	0,52	877	2,0	105	177	72	0,59	0,092	34,2	0,95	0,378	4,7	7,7
240	0,64	874	2,4	111	182	71	0,61	0,090	32,2	0,97	0,360	3,9	7,6
250	0,86	871	3,2	117	186,5	69,5	0,62	0,089	30,3	0,99	0,341	3,0	7,4
260	1,05	863	3,9	123	191,5	68,5	0,63	0,088	28,7	1,01	0,326	2,5	7,2
270	1,34	854	5,0	129	196	67	0,64	0,087	27,2	1,03	0,313	2,0	7,1
280	1,66	845	6,1	135,5	201	65,5	0,64	0,086	25,8	1,05	0,299	1,7	6,9
290	1,99	835	7,2	142,5	207	64,5	0,65	0,084	24,5	1,07	0,287	1,4	6,7
300	2,38	825	8,7	149,5	212,5	63	0,66	0,083	23,2	1,09	0,276	1,2	6,5
310	2,82	815	10,4	156,5	218	61,5	0,67	0,082	22,1	1,11	0,266	1,0	6,4
320	3,32	804	12,2	163	223,5	60,5	0,67	0,081	21,2	1,13	0,259	0,90	6,2
330	3,90	794	14,5	170	229	59	0,68	0,079	20,3	1,15	0,251	0,78	6,1
340	4,56	783	17,0	177	235	58	0,69	0,078	19,4	1,17	0,243	0,68	6,0
350	5,31	772	20,0	184	240,5	56,5	0,69	0,077	18,6	1,19	0,236	0,59	5,9
360	6,14	761	23,0	191	246	55	0,70	0,076	17,7	1,21	0,229	0,52	5,8
370	7,08	750	26,0	198	252	54	0,70	0,074	17,0	1,23	0,223	0,46	5,7
380	8,15	739	30,0	205	257,5	52,5	0,71	0,073	16,4	1,25	0,218	0,39	5,6
390	9,32	725	36,0	212	263	51,0	0,71	0,072	15,8	1,27	0,214	0,35	5,5
400	10,64	709	42,0	219	268,5	49,5	0,72	0,071	15,2	1,29	0,210	0,31	5,4

Таблица 6-10. **Физические параметры смеси солей Na и K**

Смесь по весу содержит 40% $NaNO_2$, 53% KNO_3 и 7% $NaNO_3$. Температура плавления этой смеси равна 148° С.

t, °С	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	i, $\frac{ккал}{кг}$	λ, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$\mu \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	Pr	t, °С	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	i, $\frac{ккал}{кг}$	λ, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$\mu \cdot 10^6$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	Pr
150	1976	80,7	0,379	18,12	57,4	360	1812	152,1	0,306	2,23	8,74
160	1967	84,1	0,378	14,95	47,5	370	1804	155,5	0,300	2,13	8,52
170	1959	87,5	0,377	12,53	39,9	380	1797	158,9	0,295	2,04	8,30
180	1951	90,9	0,376	10,68	34,1	390	1790	162,3	0,289	1,95	8,10
190	1943	94,3	0,375	9,21	29,5	400	1783	165,7	0,284	1,871	7,91
200	1934	97,7	0,374	8,04	25,8	410	1776	169,1	0,278	1,797	7,76
210	1926	101,1	0,373	7,09	22,8	420	1769	172,5	0,273	1,730	7,60
220	1919	104,5	0,372	6,31	20,4	430	1762	175,9	0,267	1,668	7,50
230	1911	107,9	0,370	5,67	18,4	440	1754	179,3	0,262	1,610	7,37
240	1903	111,3	0,368	5,12	16,7	450	1748	182,7	0,256	1,556	7,29
250	1895	114,7	0,366	4,66	15,3	460	1741	186,1	0,251	1,507	7,20
260	1887	118,1	0,360	4,27	14,2	470	1734	189,5	0,245	1,461	7,16
270	1879	121,5	0,355	3,93	13,3	480	1728	192,9	0,240	1,418	7,09
280	1871	124,9	0,350	3,63	12,4	490	1721	196,3	0,234	1,377	7,06
290	1864	128,3	0,344	3,38	11,8	500	1715	199,7	0,229	1,339	7,02
300	1856	131,7	0,338	3,15	11,2	510	1708	203,1	0,223	1,303	7,01
310	1849	135,1	0,333	2,96	10,7	520	1701	206,5	0,218	1,271	7,00
320	1841	138,5	0,328	2,77	10,1	530	1695	209,9	0,213	1,239	7,00
330	1834	141,9	0,322	2,62	9,76	540	1688	213,2	0,207	1,210	7,00
340	1826	145,3	0,317	2,48	9,39	550	1681	216,6	0,202	1,181	7,00
350	1819	148,7	0,311	2,36	9,11						

Таблица 6-11. Свойства ртути и ртутного пара на линии насыщения в зависимости от давления

p, $\frac{кГ}{см^2}$	t, °C	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
0,10	249,6	12994	0,4526	8,25	79,67	71,42	0,0214	0,1581
0,12	256,6	12970	0,5359	8,48	79,86	71,38	0,0219	0,1567
0,14	262,7	12963	0,6181	8,69	80,03	71,34	0,0223	0,1554
0,16	268,1	12950	0,6994	8,87	80,17	71,30	0,0226	0,1543
0,18	272,9	12940	0,7799	9,02	80,29	71,27	0,0229	0,1534
0,20	277,3	12928	0,8596	9,17	80,41	71,22	0,0232	0,1526
0,25	286,9	12907	1,056	9,49	80,67	71,18	0,0237	0,1508
0,3	295,0	12887	1,249	9,76	80,88	71,12	0,0242	0,1493
0,4	308,2	12855	1,623	10,19	81,22	71,03	0,0250	0,1472
0,5	318,9	12830	1,998	10,55	81,51	70,96	0,0256	0,1454
0,6	328,0	12807	2,361	10,85	81,75	70,90	0,0261	0,1440
0,7	335,8	12789	2,720	11,11	81,95	70,84	0,0265	0,1429
0,8	342,8	12773	3,073	11,34	82,14	70,80	0,0269	0,1418
0,9	349,1	12751	3,422	11,55	82,30	70,75	0,0272	0,1409
1,0	354,9	12744	3,767	11,74	82,45	70,71	0,0276	0,1402
1,2	365,1	12719	4,448	12,03	82,72	70,64	0,0281	0,1388
1,4	374,1	12698	5,118	12,38	82,96	70,58	0,0286	0,1376
1,6	382,0	12679	5,814	12,64	83,16	70,52	0,0290	0,1366
1,8	389,2	12663	6,431	12,88	83,35	70,47	0,0293	0,1357
2,0	395,7	12647	7,072	13,10	83,53	70,43	0,0296	0,1349
2,2	401,8	12632	7,710	13,30	83,68	70,38	0,0299	0,1342
2,4	407,4	12618	8,340	13,49	83,83	70,34	0,0302	0,1336
2,6	412,7	12606	8,969	13,67	83,97	70,30	0,0305	0,1330
2,8	417,6	12594	9,588	13,83	84,10	70,27	0,0307	0,1324
3,0	422,3	12583	10,21	13,99	84,22	70,23	0,0309	0,1319
3,5	432,9	12558	11,73	14,34	84,49	70,15	0,0314	0,1308
4,0	442,4	12534	13,23	14,66	84,74	70,08	0,0319	0,1297
4,5	451,1	12514	14,70	14,95	84,97	70,02	0,0323	0,1289
5,0	459,0	12495	16,16	15,21	85,17	69,96	0,0326	0,1282
5,5	466,2	12476	17,60	15,45	85,35	69,90	0,0330	0,1275
6,0	473,0	12460	19,01	15,67	85,52	69,85	0,0333	0,1269
7,0	485,4	12430	21,83	16,09	85,84	69,75	0,0338	0,1258
8,0	496,4	12402	24,59	16,40	86,06	69,66	0,0343	0,1248
9,0	506,5	12378	27,31	16,80	86,38	69,58	0,0347	0,1240

Продолжение

p, $\frac{кГ}{см^2}$	t, °С	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
10,0	515,7	12355	29,99	17,10	86,61	69,51	0,0351	0,1232
12,0	532,1	12314	35,26	17,65	87,02	69,37	0,0358	0,1219
14,0	546,6	12278	40,40	18,14	87,38	69,24	0,0364	0,1209
16,0	559,6	12246	45,46	18,58	87,71	69,13	0,0369	0,1199
18,0	571,5	12216	50,43	18,97	87,99	69,02	0,0374	0,1191
20,0	582,4	12189	55,31	19,34	88,26	68,92	0,0378	0,1184
25,0	606,4	12127	67,24	20,15	88,85	68,70	0,0387	0,1168
30,0	627,1	12076	78,86	20,85	89,34	68,49	0,0395	0,1156
35,0	645,4	12029	90,17	21,47	89,78	68,31	0,0402	0,1145
40,0	661,9	11986	101,2	22,03	90,16	68,13	0,0408	0,1136
45,0	677,0	11946	112,0	22,55	90,52	67,97	0,0413	0,1129
50,0	691,0	11909	122,7	23,02	90,84	67,82	0,0418	0,1122

Таблица 6-12. Свойства металлов, применяемых в качестве теплоносителей

Металл	Химическая формула	Атомный вес	$t_{пл}$, °С	$t_{кип}$, °С (при 1 атм)	Теплота плавления, *ккал/кг*	r, $\frac{ккал}{кг}$
Висмут	Bi	209,00	271,0	1490	12,0	204,3
Калий	K	39,096	63,7	760	14,6	496
Литий	Li	6,94	186	1317	158	4680
Натрий	Na	22,997	97,8	878	27,0	1005
Натрий — калий [1]	Na·K	—	—11	784	—	—
Свинец	Pb	207,21	327,4	1740	5,9	204,6
Свинец — висмут [2]	Pb·Bi	—	123,5	1670	—	—
Олово	Sn	118,70	231,9	2270	14,5	573
Ртуть	Hg	200,61	—38,9	357	2,8	69,7

Примечания к табл. 6-12. [1]) Содержит по весу 25% Na и 75% K. [2]) Содержит по весу 44,5% Pb и 55,5% Bi.

Таблица 6-13. **Физические параметры жидких металлов**
(Liquid Metals Handbook, 1955; Теплоэнергетика, № 2, 1959)

t,°C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
						Удельный вес γ $кГ/м^3$								
Bi	—	—	—	—	—	10030	9970	9910	9850	9785	9720	9660	9595	9530
K	—	818	807	795	784	773	761	750	738	727	716	704	692	681
Li	—	—	—	515	510	505	500	495	490	484	479	474	470	465
Na	—	928	916	903,5	891	878,5	866	854	842	829,5	817	805	792,5	780
Na·K	865	852	840	828	815	803	790	778	765	753	741	729	716	704
Pb	—	—	—	—	—	—	—	10592	10536	10476	10419	10360	10300	10242
Pb·Bi	—	—	10547	10486	10425	10364	10300	10242	10180	10120	10060	10000	9940	9876
Sn	—	—	—	—	6980	6940	6905	6865	6830	6790	6755	6720	6680	6640
Hg	13470	13350	13230	13110	13000	12880	12800	12700	12600	12400	—	—	—	—
						Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$ $кГ \cdot сек/м^2$								
Bi	—	—	—	—	—	175	156	143	131	122	114	106	101	95
K	—	46,8	39,5	34,7	30,8	27,7	25,1	22,8	20,8	19,0	17,6	15,8	15,2	14,2
Li	—	—	—	58,3	57,4	47,7	44,1	41,2	38,7	36,2	34,2	32,3	30,6	29,2
Na	—	72,8	55,5	46,6	40,1	35,3	31,2	28,7	26,4	24,4	22,6	21,1	19,3	18,4
Na·K	69,2	52,7	44,3	38,2	33,5	30,0	26,9	24,4	22,0	20,5	19,0	17,6	16,4	15,4
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—	227	205	187	173	162	152
Pb·Bi	—	—	311	260	223	198	180	164	152	140	132	126	120	112
Sn	—	—	—	—	190	170	154	141	129	120	114	107	102	96,8
Hg	143	128	116	107	99,4	93,2	88,7	85,4	82,2	78,9	—	—	—	—
						Кинематическая вязкость $\nu \cdot 10^6$ $м^2/сек$								
Bi	—	—	—	—	—	0,171	0,154	0,142	0,131	0,122	0,115	0,108	0,103	0,098
K	—	0,561	0,480	0,428	0,386	0,352	0,324	0,298	0,276	0,257	0,241	0,221	0,216	0,205
Li	—	—	—	1,110	1,104	0,927	0,866	0,817	0,774	0,734	0,700	0,668	0,638	0,617
Na	—	0,770	0,594	0,506	0,442	0,394	0,354	0,330	0,308	0,289	0,272	0,257	0,244	0,232
Na·K	0,785	0,607	0,517	0,452	0,403	0,366	0,334	0,308	0,282	0,267	0,252	0,237	0,225	0,214
Pb	—	—	—	—	—	—	—	0,210	0,191	0,175	0,163	0,153	0,145	0,137
Pb·Bi	—	—	0,289	0,243	0,210	0,187	0,171	0,157	0,146	0,136	0,129	0,124	0,118	0,114
Sn	—	—	—	—	0,267	0,241	0,219	0,201	0,186	0,174	0,165	0,156	0,150	0,143
Hg	0,104	0,094	0,086	0,080	0,075	0,071	0,068	0,066	0,064	0,062	—	—	—	—

Продолжение

t, °C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Теплоемкость c_p *ккал/кг · град*														
Bi	—	—	—	—	—	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
K	—	0,195	0,192	0,189	0,187	0,185	0,184	0,183	0,183	0,183	0,184	0,184	0,185	0,185
Li	—	—	—	0,990	1,001	1,012	1,023	1,034	1,045	1,056	1,067	1,078	1,089	1,100
Na	—	0,331	0,324	0,317	0,311	0,306	0,304	0,304	0,304	0,304	0,304	0,305	0,305	0,305
Na-K	0,294	0,273	0,260	0,256	0,252	0,248	0,244	0,240	0,235	0,231	0,227	0,223	0,219	0,215
Pb	—	—	—	—	—	—	—	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352	0,0352
Pb-Bi	—	—	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Sn	—	—	—	—	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
Hg	0,0329	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0329	0,0329	0,0330	—	—	—	—
Теплопроводность λ *ккал/м · час · град*														
Bi	—	—	—	—	—	12,6	13,0	13,4	13,8	14,2	14,6	14,9	15,3	15,7
K	—	40,0	39,9	39,5	38,6	37,3	35,8	34,0	32,0	30,0	28,2	26,6	25,3	24,3
Li	—	—	—	39,6	39,8	40,1	40,3	40,5	40,7	40,9	41,1	41,3	41,5	41,7
Na	—	74,0	72,3	70,2	67,7	64,9	61,8	59,1	56,8	54,9	53,3	52,1	51,3	50,8
Na-K	19,5	20,0	20,5	21,1	21,6	22,2	22,7	23,3	23,8	24,4	25,9	25,5	26,0	26,6
Pb	—	—	—	—	—	—	—	13,0	13,2	13,3	13,4	13,7	14,4	15,2
Pb-Bi	—	—	9,6	10,1	10,5	10,9	11,3	11,8	12,2	12,6	13,1	13,6	14,0	14,4
Sn	—	—	—	—	26,4	27,2	28,0	28,9	29,7	30,5	31,4	32,2	33,0	33,9
Hg	7,25	7,80	8,35	8,90	9,45	10,00	10,50	10,85	11,15	11,45	—	—	—	—
Коэффициент температуропроводности $a \cdot 10^2$ *м²/час*														
Bi	—	—	—	—	—	3,49	3,62	3,76	3,89	4,03	4,17	4,28	4,43	4,58
K	—	25,1	25,8	26,3	26,3	26,1	25,6	24,8	23,7	22,6	21,4	20,5	19,8	19,3
Li	—	—	—	7,77	7,80	7,85	7,88	7,91	7,95	8,00	8,04	8,08	8,11	8,15
Na	—	24,1	24,4	24,5	24,4	24,2	23,5	22,8	22,2	21,8	21,5	21,2	21,2	21,3
Na-K	7,67	8,60	9,39	9,95	10,52	11,15	11,78	12,48	13,24	14,03	14,80	15,69	16,58	17,57
Pb	—	—	—	—	—	—	—	3,49	3,56	3,61	3,65	3,76	3,97	4,22
Pb-Bi	—	—	2,60	2,75	2,88	3,00	3,13	3,29	3,42	3,56	3,72	3,88	4,02	4,16
Sn	—	—	—	—	6,20	6,42	6,65	6,90	7,13	7,36	7,62	7,85	8,10	8,37
Hg	1,64	1,78	1,92	2,07	2,22	2,37	2,50	2,60	2,69	2,78	—	—	—	—

§ 6-3. Физические параметры холодильных агентов *)

Таблица 6-14. **Некоторые характеристики холодильных агентов**

Название	Химическая формула	Молекулярный вес	$t_{кип}$, °С	$t_{пл}$, °С	$t_{кр}$, °С	$p_{кр}$, $\frac{кГ}{см^2}$	$\gamma_{кр}$, $\frac{кГ}{м^3}$	$k=\frac{c_p}{c_v}$
Аммиак	NH_3	17,03	—33,4	—77,7	132,9	112,3	242,1	1,30
Дихлорметан	CH_2Cl_2	84,94	39,8	—96,7	239,0	64,8	—	1,18
Метан	CH_4	16,04	—161,6	—182,6	—82,0	47,3	162,1	1,30
Пропан	C_3H_8	44,09	—42,2	—187,1	96,3	43,4	226,2	1,13
Пропилен	C_3H_6	42,08	—47,0	—185,2	91,5	45,4	—	—
Сернистый ангидрид	SO_2	64,07	—10,0	—75,2	157,1	77,6	520,8	1,26
Фреон 11	$CFCl_3$	137,39	23,7	—111,0	198,0	44,6	555,6	1,15
Фреон 12	CF_2Cl_2	120,92	—29,8	—155,0	111,5	39,6	555,6	1,14
Фреон 13	CF_3Cl	104,47	—81,5	—180,0	28,8	39,4	581,4	—
Фреон 21	$CHFCl_2$	102,93	8,9	—135,0	178,5	52,7	521,9	1,16
Фреон 22	CHF_2Cl	86,48	—40,8	—160,0	96,0	50,4	526,3	1,20
Фреон 23	CHF_3	70,02	—82,0	—163,0	—	—	—	—
Фреон 113	$CF_2Cl \cdot CFCl_2$	187,37	47,6	—35,0	214,1	34,8	578,0	1,09
Фреон 114	$C_2F_4Cl_2$	170,91	3,6	—93,9	145,7	33,4	—	—
Фреон 142	CH_3CF_3	84,04	—47,3	—111,3	71,4	42,0	—	—
Хлорметил	CH_3Cl	50,49	—24,1	—91,5	143,1	65,9	0,37	1,20
Этан	C_2H_6	30,07	—88,6	—183,2	32,1	50,3	212,8	1,25
Этилен	C_2H_4	28,05	—103,6	—169,4	9,4	51,4	216,0	1,22

*) Этот параграф составлен на основе данных, содержащихся в книгах: Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М., 1956; В. Е. Цыдзик, В. П. Бармин, Б. С. Вейнберг, Холодильные машины и аппараты, М., 1946.

Таблица 6-15. **Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$ *кГ · сек/м²* и теплопроводность $\lambda \cdot 10^2$ *ккал/м · час · град* некоторых холодильных агентов на линии насыщения**

t, °C	Жидкости				Пары			
	аммиак	хлорметил	фреон 11	фреон 12	аммиак	хлорметил	фреон 11	фреон 12
	Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$							
—20	25,8	30,8	71,0	34,8	1,11	0,95	0,97	1,14
—10	25,1	29,0	62,2	32,1	1,15	0,99	1,01	1,17
0	24,4	27,4	55,2	29,9	1,20	1,02	1,04	1,21
10	23,4	26,0	49,7	28,2	1,26	1,05	1,07	1,23
20	22,6	24,9	45,0	26,8	1,32	1,08	1,10	1,26
	Теплопроводность $\lambda \cdot 10^2$							
—20	51	17,0	18	9,0	1,74	0,70	0,62	0,66
—10	48	16,2	14	8,6	1,82	0,75	0,64	0,70
0	46	15,5	10	8,3	1,90	0,80	0,66	0,72
10	44	14,7	9,7	8,0	2,00	0,85	0,68	0,75
20	42	14,0	9,5	7,7	2,10	0,90	0,70	0,80

Таблица 6-16. **Физические параметры аммиака на линии насыщения**

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
—70	0,111	725,3	0,111	25,9	375,7	349,8	0,688	2,410
—68	0,129	723,0	0,127	27,9	376,6	348,7	0,698	2,398
—66	0,148	720,7	0,145	29,9	377,4	347,5	0,707	2,385
—64	0,171	718,4	0,166	32,0	378,3	346,3	0,717	2,373
—62	0,195	716,1	0,188	34,0	379,1	345,1	0,727	2,362
—60	0,223	713,8	0,213	36,1	380,0	343,9	0,737	2,351
—58	0,254	711,4	0,240	38,1	380,8	342,7	0,746	2,339
—56	0,289	709,1	0,271	40,2	381,7	341,5	0,756	2,328
—54	0,327	706,7	0,304	42,2	382,5	340,3	0,765	2,318
—52	0,370	704,4	0,341	44,2	383,3	339,1	0,774	2,308
—50	0,417	702,0	0,381	46,2	384,1	337,9	0,788	2,298
—48	0,469	699,6	0,425	48,3	384,9	336,6	0,793	2,281
—46	0,526	697,2	0,473	50,4	385,7	335,3	0,802	2,278
—44	0,588	694,8	0,526	52,5	386,5	334,0	0,811	2,269
—42	0,657	692,4	0,583	54,6	387,3	332,7	0,820	2,260
—40	0,732	690,0	0,645	56,8	388,1	331,3	0,830	2,251
—38	0,814	687,5	0,712	58,9	388,9	330,0	0,838	2,242
—36	0,903	685,1	0,785	61,0	389,6	328,6	0,848	2,234
—34	1,000	682,6	0,863	63,1	390,4	327,3	0,856	2,225
—32	1,105	680,1	0,948	65,3	391,2	325,9	0,865	2,217
—30	1,219	677,7	1,038	67,4	391,9	324,5	0,874	2,209
—28	1,342	675,2	1,136	69,5	392,6	323,1	0,888	2,201
—26	1,475	672,6	1,242	71,7	393,4	321,7	0,892	2,193
—24	1,620	670,1	1,354	73,9	394,1	320,2	0,900	2,186
—22	1,774	667,6	1,474	76,0	394,8	318,8	0,909	2,178
—20	1,940	665,0	1,604	78,2	395,5	317,3	0,912	2,171
—18	2,117	662,4	1,742	80,3	396,1	315,8	0,926	2,164
—16	2,309	659,8	1,889	82,50	396,8	314,3	0,934	2,157
—14	2,514	657,2	2,046	84,7	397,4	312,7	0,943	2,150
—12	2,732	654,6	2,213	86,8	398,0	311,2	0,951	2,143
—10	2,966	652,0	2,390	89,0	398,6	309,6	0,959	2,136
—8	3,216	649,7	2,579	91,8	399,3	307,5	0,968	2,130
—6	3,481	646,7	2,779	93,4	399,8	306,4	0,976	2,123
—4	3,761	644,0	2,991	95,6	400,4	304,8	0,984	2,117
—2	4,060	641,3	3,216	97,8	401,0	303,2	0,992	2,110
0	4,379	638,6	3,452	100,0	401,5	301,5	1,000	2,104
5	5,259	631,7	4,11	105,5	402,8	297,3	1,020	2,089
10	6,271	624,7	4,86	111,1	403,9	292,8	1,038	2,074
15	7,427	617,5	5,72	116,7	405,0	288,3	1,059	2,060
20	8,741	610,3	6,69	122,4	405,9	283,5	1,078	2,046
25	10,22	602,8	7,80	128,1	406,8	278,7	1,098	2,032
30	11,90	595,2	9,03	133,8	407,4	273,6	1,116	2,019
35	13,76	587,5	10,43	139,6	407,9	268,3	1,135	2,006
40	15,85	579,5	12,00	145,5	408,4	262,9	1,154	1,993
45	18,16	571,3	13,77	151,4	408,6	257,2	1,172	1,981
50	20,73	562,9	15,76	157,4	408,7	251,3	1,190	1,968

Таблица 6-17. Физические параметры фреона 12 на линии насыщения

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
—80	0,064	1626	0,471	83,4	127,6	44,2	0,927	1,157
—78	0,073	1621	0,538	83,8	127,8	44,0	0,930	1,156
—76	0,084	1615	0,612	84,2	128,1	43,9	0,933	1,155
—74	0,097	1609	0,695	84,6	128,3	43,7	0,935	1,154
—72	0,110	1604	0,787	85,0	128,5	43,5	0,937	1,153
—70	0,125	1598	0,888	85,4	128,8	43,4	0,939	1,152
—68	0,142	1593	1,000	85,8	129,0	43,2	0,941	1,151
—66	0,162	1587	1,122	86,2	129,3	43,1	0,943	1,150
—64	0,182	1582	1,257	86,6	129,5	42,9	0,945	1,150
—62	0,205	1576	1,404	87,0	129,7	42,7	0,946	1,149
—60	0,231	1571	1,564	87,5	130,0	42,5	0,948	1,148
—58	0,259	1565	1,738	87,8	130,2	42,4	0,950	1,147
—56	0,290	1560	1,928	88,3	130,5	42,2	0,952	1,147
—54	0,323	1554	2,133	88,7	130,7	42,0	0,954	1,146
—52	0,360	1549	2,355	89,1	130,9	41,8	0,956	1,145
—50	0,399	1543	2,595	89,5	131,2	41,7	0,958	1,145
—48	0,445	1538	2,869	89,9	131,4	41,5	0,960	1,144
—46	0,490	1532	3,133	90,3	131,7	41,4	0,961	1,144
—44	0,549	1526	3,432	90,7	131,9	41,2	0,963	1,143
—42	0,596	1521	3,753	91,1	132,1	41,0	0,965	1,142
—40	0,655	1515	4,096	91,6	132,4	40,8	0,967	1,142
—38	0,719	1510	4,468	91,9	132,6	40,7	0,968	1,141
—36	0,788	1504	4,864	92,4	132,9	40,5	0,970	1,141
—34	0,861	1498	5,283	92,8	133,1	40,3	0,972	1,141
—32	0,940	1492	5,729	93,2	133,3	40,1	0,974	1,140
—30	1,025	1486	6,201	93,6	133,6	40,0	0,975	1,140
—28	1,115	1481	6,703	94,0	133,8	39,8	0,977	1,139
—26	1,242	1475	7,236	94,4	134,0	39,6	0,979	1,139
—24	1,315	1469	7,803	94,8	134,3	39,5	0,980	1,139
—22	1,424	1463	8,403	95,2	134,5	39,3	0,982	1,138
—20	1,540	1457	9,039	95,7	134,7	39,0	0,984	1,138
—18	1,664	1451	9,712	96,1	135,0	38,9	0,985	1,138
—16	1,795	1445	10,42	96,5	135,2	38,7	0,987	1,137
—14	1,934	1438	11,17	96,9	135,4	38,5	0,989	1,137
—12	2,081	1432	11,96	97,4	135,7	38,3	0,990	1,137
—10	2,236	1426	12,80	97,8	135,9	38,1	0,992	1,137
—8	2,400	1420	13,68	98,2	136,1	37,9	0,994	1,136
—6	2,573	1413	14,61	98,7	136,3	37,6	0,995	1,136
—4	2,755	1407	15,58	99,1	136,6	37,5	0,997	1,136
—2	2,947	1401	16,60	99,6	136,8	37,2	0,998	1,136
0	3,149	1394	17,66	100,0	137,0	37,0	1,000	1,136
5	3,699	1378	20,56	101,1	137,5	36,4	1,004	1,135
10	4,318	1361	23,80	102,3	138,1	35,8	1,008	1,135
15	5,012	1344	27,43	103,4	138,6	35,2	1,012	1,134
20	5,785	1327	31,52	104,6	139,1	34,5	1,016	1,134
25	6,644	1310	36,07	105,8	139,6	33,8	1,020	1,134
30	7,592	1292	41,16	107,0	140,1	33,1	1,024	1,133
35	8,637	1273	46,81	108,2	140,5	32,3	1,028	1,133
40	9,784	1254	58,12	109,4	141,0	31,6	1,032	1,132

Таблица 6-18. **Физические параметры CH_4, C_3H_8, C_2H_4 и фреонов на линии насыщения**

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$
			Метан CH_4			
−170	0,45	434,8	—	2,6	128,6	126,0
−160	1,20	421,9	2,083	10,8	132,8	122,0
−150	2,49	406,5	3,984	19,2	137,1	117,9
−140	4,54	390,6	6,94	27,9	141,2	113,3
−130	8,02	373,1	11,27	36,9	145,0	108,1
−120	12,64	354,6	17,8	46,4	147,9	101,5
−110	18,63	331,1	26,5	56,5	149,6	93,1
−100	24,37	305,8	41,0	68,0	149,6	81,6
−90	37,89	257,7	78,7	82,2	144,7	62,5
−82	47,3	162,1	162,1	114,3	114,3	0
			Пропан C_3H_8			
−50	0,71	591,7	1,712	72,7	176,3	103,6
−40	1,14	581,4	2,538	77,9	178,8	100,9
−30	1,71	568,2	3,76	83,2	181,3	98,1
−20	2,49	555,6	5,40	88,6	183,9	94,3
−10	3,52	543,5	7,58	94,2	186,7	92,5
0	4,84	529,1	10,31	100,0	189,7	89,7
10	6,44	515,4	13,77	106,0	192,7	86,7
20	8,41	502,5	17,73	112,1	195,6	83,5
30	10,98	487,8	22,32	118,4	198,4	80,0
40	13,95	476,2	28,74	124,9	200,9	76,0
50	17,40	465,1	37,0	131,5	202,5	71,0
			Этилен C_2H_4			
−116	0,48	585,8	0,996	18,3	137,2	118,9
−110	0,70	578,0	1,443	21,3	138,2	116,9
−100	1,28	561,8	2,646	26,4	139,8	113,4
−90	2,17	549,4	4,292	31,7	141,5	109,8
−80	3,47	534,8	6,667	37,3	143,5	106,2
−70	5,28	518,1	9,90	43,2	145,4	102,2
−60	7,71	500,0	14,04	49,4	147,3	97,9
−50	10,84	480,8	19,38	56,0	149,2	93,2
−40	14,79	463,0	26,45	63,0	150,0	87,0
−30	19,69	440,5	36,1	70,5	150,2	79,7
−20	25,70	414,9	50,7	78,8	149,1	70,3
−10	32,95	384,6	68,5	88,3	147,4	59,1
0	41,71	344,8	100,0	100,0	143,9	43,9
9,36	51,45	216,0	216,0	126,1	126,1	0
			Фреон 11			
−50	0,03	1645	0,194	90,1	139,6	49,5
−40	0,052	1621	0,362	92,1	140,7	48,6
−30	0,094	1600	0,628	94,0	141,8	47,8
−20	0,160	1577	1,035	96,0	143,6	47,6
−10	0,262	1555	1,634	98,0	144,3	46,3
0	0,410	1534	2,469	100,0	145,5	45,5
10	0,619	1511	3,636	102,0	146,7	44,7
20	0,905	1488	5,15	104,1	147,9	43,8
30	1,285	1464	7,14	106,1	149,1	43,0
40	1,780	1439	9,71	108,2	150,2	42,0
50	2,412	1414	12,82	110,3	151,4	41,1

Продолжение

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$
			Фреон 13			
−140	0,0087	1736	0,0808	68,5	109,9	41,4
−130	0,0271	1704	0,2342	70,2	110,8	40,6
−120	0,0714	1669	0,577	72,1	111,8	39,7
−110	0,164	1634	1,253	74,0	112,8	38,8
−100	0,339	1597	2,457	76,0	113,8	37,8
−90	0,640	1562	4,427	78,1	114,9	36,8
−80	1,12	1520	7,45	80,2	115,9	35,7
−70	1,84	1481	11,85	82,4	116,8	34,4
−60	2,87	1439	18,02	84,7	117,8	33,1
−50	4,29	1395	26,39	87,0	118,7	31,7
−40	6,17	1350	37,8	89,5	119,5	30,0
−30	8,59	1300	52,9	92,0	120,2	28,2
−20	11,66	1247	72,8	94,6	120,8	26,2
−10	15,45	1188	99,0	97,3	121,2	23,9
0	20,1	1119	133,5	100,0	121,5	21,5
10	25,7	1039	182,8	103,0	121,4	18,4
20	32,4	926,8	261,1	106,8	120,6	13,8
25	36,2	838,2	331,1	109,3	119,3	10,0
28,8	39,4	581,2	581,2	113,9	113,9	0,0
			Фреон 22			
−100	0,0205	1555	0,120	74,2	137,9	63,7
−90	0,0489	1538	0,275	76,6	139,1	62,5
−80	0,106	1513	0,559	79,1	140,2	61,1
−70	0,209	1490	1,063	81,6	141,4	59,8
−60	0,382	1466	1,873	84,2	142,7	58,5
−50	0,660	1449	3,10	86,7	143,9	57,2
−40	1,076	1410	4,88	89,3	145,1	55,8
−30	1,68	1381	7,41	91,9	146,2	54,3
−20	2,51	1351	10,75	94,6	147,4	52,8
−10	3,63	1318	15,38	97,2	148,4	51,2
0	5,10	1284	21,23	100,0	149,4	49,4
10	6,90	1250	28,9	103,0	150,4	47,4
20	9,35	1214	38,8	106,1	151,1	45,0
30	12,27	1175	51,5	109,4	151,7	42,3
40	15,79	1132	67,6	112,8	152,1	39,3
50	19,99	1085	88,5	116,2	152,3	36,1
			Фреон 113			
−30	0,028	1684	0,256	93,9	134,0	40,1
−20	0,052	1664	0,454	95,9	135,4	39,5
−10	0,090	1642	0,764	98,0	136,9	38,9
0	0,151	1621	1,230	100,0	138,3	38,3
10	0,241	1597	1,901	102,1	139,8	37,7
20	0,371	1577	2,762	104,2	141,2	37,0
30	0,552	1553	4,12	106,4	142,7	36,3
40	0,798	1529	5,81	108,6	144,2	35,6
50	1,122	1504	8,00	110,8	145,7	34,9
60	1,542	1479	10,74	113,1	147,2	34,1
70	2,073	1453	14,2	115,4	148,6	33,2
80	2,738	1426	19,5	117,8	150,0	32,2
90	3,545	1399	23,6	120,3	151,5	31,2
100	4,514	1370	29,9	122,6	152,9	30,3

Таблица 6-19. Физические параметры дихлорметана, сернистого ангидрида, этана и фреона 142 на линии насыщения

$t°$, С	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
			Дихлорметан CH_2Cl_2					
—24	0,052		0,208	93,5	180,4	86,9	0,975	1,324
—22	0,058		0,233	94,1	180,8	86,7	0,977	1,323
—20	0,065		0,260	94,6	181,2	86,6	0,980	1,322
—18	0,073		0,289	95,2	181,5	86,3	0,982	1,320
—16	0,082		0,322	95,7	181,9	86,2	0,984	1,319
—14	0,092		0,357	96,2	182,2	86,0	0,986	1,318
—12	0,102		0,396	96,8	182,6	85,8	0,988	1,316
—10	0,114		0,438	97,3	182,9	85,6	0,990	1,315
— 8	0,127		0,483	97,8	183,2	85,4	0,992	1,314
— 6	0,141		0,533	98,4	183,5	85,1	0,994	1,313
— 4	0,156		0,586	98,9	183,8	84,9	0,996	1,312
— 2	0,172		0,644	99,5	184,2	84,7	0,998	1,310
0	0,190		0,706	100,0	184,5	84,5	1,000	1,309
2	0,209		0,773	100,5	184,7	84,2	1,002	1,308
4	0,230		0,846	101,1	185,1	84,0	1,004	1,307
6	0,253		0,924	101,6	185,4	83,8	1,006	1,306
8	0,278		1,007	102,2	185,7	83,5	1,008	1,305
10	0,304		1,096	102,7	186,0	83,3	1,010	1,304
12	0,333		1,192	103,2	186,2	83,0	1,012	1,303
14	0,363		1,295	103,8	186,5	82,7	1,013	1,302
16	0,397		1,404	104,3	186,8	82,5	1,015	1,301
18	0,432		1,521	104,8	187,0	82,2	1,017	1,300
20	0,470		1,646	105,4	187,3	81,9	1,019	1,299
22	0,511		1,778	105,9	187,6	81,7	1,021	1,298
24	0,554		1,919	106,4	187,8	81,4	1,023	1,297
26	0,601		2,069	107,0	188,1	81,1	1,024	1,296
28	0,650		2,228	107,5	188,3	80,8	1,026	1,295
30	0,703		2,396	108,1	188,6	80,5	1,028	1,294
32	0,759		2,575	108,6	188,8	80,2	1,030	1,293
34	0,818		2,764	109,1	189,0	79,9	1,032	1,292
36	0,882		2,963	109,7	189,3	79,6	1,033	1,291
38	0,949		3,174	110,2	189,5	79,3	1,035	1,290
40	1,120		3,396	110,8	189,7	78,9	1,037	1,289
			Сернистый ангидрид SO_2					
—50	0,118	1557	0,401	83,7	184,9	101,2	0,934	1,388
—47,5	0,139	1551	0,468	84,5	185,2	100,7	0,938	1,384
—45	0,163	1545	0,542	85,3	185,5	100,2	0,941	1,381
—42,5	0,180	1539	0,627	86,1	185,9	99,8	0,945	1,377
—40	0,220	1533	0,721	87,0	186,2	99,2	0,948	1,374
—37,5	0,246	1527	0,828	87,7	186,5	98,8	0,952	1,371
—35	0,294	1521	0,945	88,6	186,8	98,2	0,956	1,368
—32,5	0,339	1515	1,077	89,4	187,2	97,8	0,959	1,365
—30	0,388	1509	1,222	90,3	187,5	97,2	0,962	1,362
—27,5	0,443	1503	1,384	91,0	187,8	96,8	0,966	1,359
—25	0,504	1497	1,561	91,9	188,1	96,2	0,969	1,357
—22,5	0,573	1490	1,758	92,6	188,4	95,8	0,972	1,354
—20	0,648	1484	1,972	93,5	188,7	95,2	0,976	1,351

Продолжение

t, °C	p, кГ/см²	γ', кГ/м³	γ'', кГ/м³	i', ккал/кг	i'', ккал/кг	r, ккал/кг	s', ккал/кг·град	s'', ккал/кг·град
−17,5	0,732	1477	2,208	94,3	189,0	94,7	0,979	1,349
−15	0,823	1471	2,464	95,2	189,3	94,1	0,982	1,347
−12,5	0,924	1464	2,746	95,9	189,6	93,7	0,985	1,344
−10	1,034	1458	3,049	96,8	189,9	93,1	0,988	1,342
− 7,5	1,155	1452	3,384	97,6	190,2	92,6	0,991	1,340
− 5	1,286	1446	3,738	98,4	190,5	92,1	0,994	1,338
− 2,5	1,430	1440	4,13	99,2	190,7	91,6	0,997	1,335
0	1,585	1434	4,55	100,0	191,0	91,0	1,000	1,333
5	1,936	1422	5,48	101,6	191,5	89,9	1,006	1,329
10	2,347	1409	6,57	103,2	192,1	88,9	1,016	1,325
15	2,823	1396	7,81	104,8	192,6	87,8	1,017	1,322
20	3,370	1383	9,44	106,4	193,1	86,7	1,023	1,318
25	3,997	1370	10,83	108,0	193,5	85,5	1,028	1,315
30	4,710	1356	12,66	109,6	194,0	84,4	1,033	1,312
35	5,518	1342	14,71	111,3	194,5	83,2	1,039	1,309
40	6,427	1327	17,01	112,8	194,9	82,1	1,043	1,306
45	7,447	1310	19,57	114,4	195,3	80,9	1,049	1,303
50	8,583	1295	22,42	116,0	195,7	79,7	1,053	1,300
				Этан C_2H_6				
−100	0,535	558,9	0,0011	35,5	155,1	119,6	0,714	1,405
− 95	0,723	553,1	0,0015	38,4	156,4	118,0	0,731	1,393
− 90	0,960	547,9	0,0019	41,4	157,7	116,3	0,747	1,382
− 85	1,251	542,2	0,0025	44,3	158,9	114,6	0,763	1,372
− 80	1,606	536,7	0,0031	47,3	160,2	112,9	0,778	1,363
− 75	2,037	530,9	0,0039	50,2	161,4	111,2	0,793	1,354
− 70	2,549	525,0	0,0048	53,2	162,6	109,4	0,808	1,347
− 65	3,154	519,0	0,0059	56,1	163,7	107,6	0,822	1,339
− 60	3,861	512,5	0,0071	59,1	164,8	105,7	0,836	1,332
− 55	4,682	506,0	0,0085	62,1	165,8	103,7	0,850	1,325
− 50	5,626	499,3	0,0102	65,1	166,8	101,7	0,863	1,319
− 45	6,704	492,1	0,0120	68,2	167,7	99,5	0,877	1,313
− 40	7,929	485,0	0,0142	71,3	168,5	97,2	0,890	1,307
− 35	9,309	477,8	0,0166	74,6	169,3	94,7	0,904	1,302
− 30	10,86	470,0	0,0194	77,9	170,0	92,1	0,917	1,296
− 25	12,58	461,5	0,0225	81,3	170,7	89,4	0,931	1,291
− 20	14,51	452,6	0,0261	84,9	171,2	86,3	0,945	1,286
− 15	16,63	443,5	0,0302	88,6	171,7	83,1	0,959	1,280
− 10	18,96	433,9	0,0347	92,3	172,1	79,8	0,972	1,276
− 5	21,51	423,0	0,0400	96,1	172,3	76,2	0,986	1,270
0	24,32	411,7	0,0460	100,0	172,4	72,4	1,000	1,265
5	27,39	399,5	0,0532	104,1	172,2	68,1	1,014	1,259
10	30,75	386,5	0,0620	108,4	171,5	63,1	1,029	1,252
15	34,43	369,5	0,0732	113,1	170,2	57,1	1,044	1,243
20	38,49	350,2	0,0875	118,2	168,4	50,2	1,061	1,232
25	42,98	326,0	0,1067	123,8	165,6	41,8	1,079	1,219
30	48,0	286,0	0,1420	132,1	159,7	27,6	1,105	1,194
32,1	50,3	213,0	0,2130	145,8	145,8	0	1,149	1,149
				Фреон 142				
−60	0,0732	1303,4	0,411	83,7	143,2	59,5	0,933	1,212
−58	0,0837	1300,4	0,466	84,3	143,6	59,3	0,936	1,211
−56	0,0957	1297,0	0,528	84,8	144,0	59,2	0,938	1,210

Продолжение

t, °C	p, $\frac{кГ}{см^2}$	γ', $\frac{кГ}{м^3}$	γ'', $\frac{кГ}{м^3}$	i', $\frac{ккал}{кг}$	i'', $\frac{ккал}{кг}$	r, $\frac{ккал}{кг}$	s', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	s'', $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
—54	0,1082	1293,7	0,592	85,3	144,3	59,0	0,940	1,210
—52	0,1226	1290,3	0,665	85,8	144,7	58,8	0,943	1,209
—50	0,1384	1287,0	0,745	86,3	145,0	58,7	0,945	1,208
—48	0,1560	1283,5	0,823	86,9	145,4	58,5	0,947	1,207
—46	0,1752	1279,6	0,928	87,4	145,7	58,3	0,950	1,206
—44	0,1966	1275,7	1,031	87,9	146,1	58,1	0,952	1,206
—42	0,2197	1271,9	1,144	88,5	146,4	57,9	0,954	1,205
—40	0,2451	1268,1	1,266	89,0	146,7	57,7	0,957	1,204
—38	0,2729	1264,2	1,399	89,5	147,0	57,5	0,959	1,204
—36	0,3032	1260,0	1,542	90,1	147,4	57,3	0,961	1,203
—34	0,3361	1256,1	1,696	90,6	147,7	57,1	0,963	1,202
—32	0,3717	1252,0	2,251	91,1	148,0	56,9	0,966	1,202
—30	0,4105	1248,0	2,041	91,7	148,4	56,7	0,968	1,201
—28	0,4523	1243,6	2,232	92,2	148,7	56,5	0,970	1,200
—26	0,4975	1239,0	2,437	92,8	149,0	56,2	0,972	1,200
—24	0,546	1234,6	2,656	93,3	149,3	56,0	0,974	1,199
—22	0,599	1230,2	2,891	93,9	149,6	55,7	0,977	1,199
—20	0,655	1225,6	3,141	94,4	149,9	55,5	0,979	1,198
—18	0,716	1221,0	3,407	95,0	150,3	55,3	0,981	1,198
—16	0,780	1216,2	3,690	95,5	150,5	55,0	0,983	1,197
—14	0,850	1211,5	3,991	96,1	150,9	54,8	0,985	1,197
—12	0,924	1206,6	4,310	96,6	151,1	54,5	0,987	1,196
—10	1,003	1201,6	4,649	97,2	151,5	54,3	0,990	1,196
— 8	1,087	1196,6	5,008	97,7	151,7	54,0	0,992	1,195
— 6	1,177	1191,2	5,386	98,3	152,1	53,8	0,994	1,195
— 4	1,272	1185,8	5,787	98,9	152,4	53,5	0,996	1,194
— 2	1,374	1180,4	6,210	99,4	152,6	53,2	0,998	1,194
0	1,481	1174,9	6,656	100,0	152,9	52,9	1,000	1,194
2	1,595	1169,6	7,126	100,6	152,2	52,6	1,002	1,193
4	1,716	1163,7	7,620	101,1	153,5	52,4	1,004	1,193
6	1,843	1157,8	8,141	101,7	153,8	52,1	1,006	1,193
8	1,978	1152,1	8,687	102,3	154,1	51,8	1,008	1,192
10	2,120	1146,3	9,317	102,8	154,3	51,5	1,010	1,192
12	2,364	1140,4	9,980	103,4	154,6	51,2	1,012	1,192
14	2,428	1134,2	10,65	104,0	154,9	50,9	1,014	1,191
16	2,594	1128,0	11,33	104,6	155,2	50,6	1,016	1,191
18	2,769	1122,0	12,04	105,2	155,4	50,2	1,018	1,191
20	2,953	1115,8	12,79	105,7	155,6	49,9	1,020	1,191
22	3,146	1109,6	13,57	106,3	155,9	49,6	1,022	1,190
24	3,348	1103,4	14,39	106,9	156,2	49,3	1,024	1,190
26	3,561	1097,1	15,24	107,5	156,5	49,0	1,026	1,190
28	3,783	1090,7	16,14	108,1	156,7	48,6	1,028	1,190
30	4,016	1084,4	17,17	108,7	157,0	48,3	1,030	1,189
32	4,259	1077,8	18,06	109,3	157,2	47,9	1,032	1,189
34	4,514	1071,2	19,08	109,9	157,5	47,6	1,034	1,189
36	4,780	1064,7	20,53	110,5	157,7	47,2	1,036	1,189
38	5,06	1058,2	21,68	111,0	157,9	46,9	1,038	1,188
40	5,35	1051,7	22,89	111,7	158,2	46,5	1,040	1,188
42	5,65	1045,1	24,16	112,2	158,4	46,2	1,042	1,188
44	5,97	1038,5	25,48	112,8	158,6	45,8	1,044	1,188
46	6,29	1033,1	26,85	113,5	158,9	45,4	1,045	1,188
48	6,64	1025,3	28,29	114,0	159,1	45,1	1,047	1,188
50	6,99	1018,6	29,80	114,7	159,4	44,7	1,049	1,188

Продолжение

t, °C	p, кГ/см²	γ', кГ/м³	γ'', кГ/м³	i', ккал/кг	i'', ккал/кг	r, ккал/кг	s', ккал/кг·град	s'', ккал/кг·град
52	7,36	1011,9	31,37	115,3	159,6	44,3	1,051	1,187
54	7,75	1005,1	33,01	115,9	159,8	43,9	1,053	1,187
56	8,15	998,3	34,72	116,5	160,0	43,5	1,055	1,187
58	8,56	991,6	36,51	117,1	160,2	43,1	1,057	1,187
60	8,99	984,9	38,37	117,7	160,4	42,7	1,058	1,187
62	9,44	978,2	40,32	118,3	160,6	42,3	1,060	1,187
64	9,90	971,4	42,36	119,0	160,9	41,9	1,062	1,187
66	10,4	964,8	44,48	119,6	161,1	41,5	1,064	1,186
68	10,9	958,0	46,69	120,2	161,3	41,1	1,066	1,186
70	11,4	951,4	49,00	120,8	161,5	40,7	1,068	1,186
72	11,9	944,7	51,42	121,4	161,7	40,3	1,070	1,186
74	12,5	937,9	53,93	122,1	161,9	39,8	1,071	1,186
76	13,1	931,1	56,56	122,7	162,1	39,4	1,073	1,186
78	13,7	924,4	59,30	123,3	162,3	39,0	1,075	1,186
80	14,3	917,7	62,17	124,0	162,5	38,5	1,077	1,186
82	14,9	911,1	65,16	124,6	162,7	38,1	1,078	1,186
84	15,6	904,3	68,29	125,2	162,9	37,7	1,080	1,186
86	16,2	897,7	71,56	125,9	163,1	37,2	1,082	1,186
88	17,0	891,1	74,97	126,5	163,3	36,8	1,084	1,186
90	17,7	884,3	78,54	127,1	163,4	36,3	1,086	1,186

§ 6-4. Физические параметры газов

Таблица 6-20. **Физические параметры двуокиси углерода на линии насыщения**

(Д. Д. Калафати, Л. З. Румгинский, Термодинамические свойства углекислого газа, МЭИ, 1957.)

t, °C	p, кГ/см²	γ', кГ/м³	γ'', кГ/м³	i', ккал/кг	i'', ккал/кг	r, ккал/кг	s', ккал/кг·град	s'', ккал/кг·град
−56,6	5,28	1177,9	13,8	72,0	155,1	83,1	0,888	1,272
−55	5,66	1172,1	14,8	72,7	155,2	82,5	0,892	1,270
−50	6,97	1153,5	18,1	75,0	155,6	80,6	0,902	1,263
−45	8,49	1134,4	21,8	77,3	155,9	78,6	0,912	1,256
−40	10,25	1115,0	26,2	79,6	156,2	76,6	0,922	1,250
−35	12,26	1094,9	31,2	81,9	156,4	74,5	0,931	1,244
−30	14,55	1074,2	37,0	84,2	156,6	72,4	0,941	1,238
−25	17,14	1052,6	43,8	86,5	156,7	70,2	0,950	1,233
−20	20,06	1029,9	51,4	88,9	156,7	67,8	0,959	1,227
−15	23,34	1006,1	60,2	91,4	156,7	65,3	0,969	1,222
−10	26,99	980,8	70,5	94,1	156,6	62,5	0,979	1,216
− 5	31,05	953,8	82,4	96,9	156,4	59,5	0,989	1,211
0	35,54	924,8	96,3	100,0	156,1	56,1	1,000	1,206
5	40,50	893,1	113,0	103,1	155,4	52,3	1,010	1,198
10	45,95	858,0	133,0	106,5	154,6	48,1	1,022	1,192
15	51,93	817,9	158,0	110,1	153,2	43,1	1,034	1,184
20	58,46	770,7	190,2	114,0	151,1	37,1	1,047	1,173
25	65,59	705,8	240,0	118,8	147,3	28,5	1,063	1,158
30	73,34	596,4	334,4	125,9	141,0	15,1	1,085	1,135
31,0	75,27	467,7	467,7	133,5	133,5	0	1,110	1,110

Таблица 6-21. **Удельный вес γ кГ/м³ двуокиси углерода в зависимости от p кГ/см² и t °С**

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45
0	1,913	3,852	5,821	7,819	9,842	11,91	13,99	16,10	18,26	20,45	32,03	44,58	58,68	75,53	95,15	—	—
20	1,780	3,579	5,402	7,231	9,124	11,02	12,92	14,85	16,81	18,73	29,00	39,84	51,63	64,60	78,55	94,07	112,4
40	1,666	3,346	5,048	6,734	8,496	10,24	12,00	13,78	15,57	17,32	26,56	36,32	46,58	57,57	69,06	81,23	94,07
60	1,563	3,136	4,721	6,313	7,936	9,533	11,16	12,84	14,49	16,14	24,59	33,50	42,51	52,16	62,30	72,89	83,96
80	1,474	2,955	4,444	5,942	7,463	8,960	10,49	12,03	13,58	15,13	23,01	31,14	39,51	48,31	57,37	66,76	76,51
100	1,394	2,796	4,202	5,615	7,042	8,467	9,911	11,34	12,78	14,24	21,61	29,16	36,84	44,86	52,99	61,46	70,08
120	1,322	2,651	3,981	5,319	6,662	8,013	9,363	10,72	12,08	13,45	20,38	27,46	34,65	42,14	49,55	57,21	65,10
140	1,258	2,520	3,785	5,056	6,329	7,610	8,889	10,18	11,47	12,76	19,31	25,97	32,67	39,57	46,53	53,68	60,90
160	1,200	2,402	3,609	4,817	6,028	7,246	8,460	9,690	10,91	12,14	18,34	24,63	30,93	37,42	43,96	50,61	57,31
180	1,146	2,295	3,447	4,600	5,757	6,916	8,078	9,242	10,41	11,58	17,46	23,43	29,38	35,52	41,70	47,96	54,23
200	1,097	2,197	3,299	4,403	5,510	6,618	7,728	8,842	9,950	11,06	16,68	22,32	27,99	33,78	39,60	45,45	51,36
220	1,053	2,107	3,164	4,221	5,283	6,345	7,402	8,467	9,533	10,60	15,96	21,35	26,74	32,27	37,78	43,33	48,95
240	1,012	2,024	3,040	4,054	5,071	6,090	7,107	8,123	9,149	10,17	15,30	20,46	25,61	30,84	36,10	41,39	46,68
260	0,973	1,948	2,923	3,900	4,878	5,858	6,835	7,819	8,795	9,775	14,70	19,65	24,59	29,61	34,63	39,68	44,76
280	0,938	1,878	2,818	3,758	4,699	5,643	6,583	7,530	8,474	9,416	14,16	18,91	23,66	28,49	33,31	38,15	42,94
300	0,905	1,811	2,717	3,626	4,535	5,444	6,353	7,267	8,177	9,091	13,65	18,22	22,77	27,41	32,03	36,66	41,29
320	0,875	1,750	2,626	3,501	4,380	5,258	6,135	7,018	7,899	8,780	13,18	17,58	21,97	26,43	30,87	35,32	39,78
340	0,846	1,693	2,539	3,386	4,235	5,084	5,935	6,784	7,639	8,489	12,73	16,99	21,22	25,53	29,81	34,09	38,39
360	0,820	1,639	2,459	3,280	4,100	4,924	5,744	6,570	7,391	8,217	12,32	16,44	20,52	24,68	28,81	32,95	37,09
380	0,794	1,589	2,383	3,179	3,974	4,771	5,568	6,365	7,163	7,962	11,93	15,92	19,87	23,89	27,89	31,28	35,88
400	0,771	1,542	2,313	3,084	3,856	4,627	5,400	6,173	6,944	7,722	11,58	15,43	19,26	23,16	27,02	30,88	34,75
420	0,749	1,497	2,246	2,995	3,745	4,494	5,244	5,995	6,743	7,496	11,23	14,98	18,69	22,47	26,20	29,95	33,69
440	0,728	1,455	2,183	2,910	3,639	4,367	5,097	5,824	6,557	7,283	10,92	14,55	18,16	21,82	25,44	29,08	32,70
460	0,708	1,416	2,123	2,831	3,540	4,248	4,958	5,666	6,378	7,077	10,61	14,14	17,65	21,21	24,73	28,26	31,78

Продолжение

t \ p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45
480	0,689	1,378	2,067	2,756	3,446	4,136	4,826	5,516	6,203	6,887	10,33	13,76	17,18	20;63	24,06	27,48	30,91
500	0,671	1,342	2,013	2,684	3,357	4,029	4,699	5,370	6,039	6,707	10,06	13,40	16,72	20,09	23,42	26,75	30,08
520	0,654	1,309	1,963	2,617	3,272	3,928	4,581	5,236	5,886	6,536	9,804	13,06	16,29	19,57	22,82	26,06	29,31
540	0,638	1,276	1,914	2,552	3,192	3,830	4,468	5,107	5,744	6,378	9,560	12,74	15,94	19,08	22,25	25,41	28,57
560	0,623	1,246	1,868	2,491	3,114	3,738	4,361	4,985	5,605	6,223	9,328	12,43	15,50	18,62	21,70	24,78	27,87
580	0,608	1,217	1,825	2,433	3,041	3,651	4,259	4,868	5,473	6,075	9,107	12,13	15,13	18,17	21,18	24,20	27,20
600	0,594	1,189	1,783	2,377	2,972	3,566	4,161	4,757	5,348	5,938	8,897	11,85	14,78	17,75	20,69	23,63	26,57
620	0,581	1,162	1,743	2,324	2,905	3,487	4,068	4,649	5,227	5,807	8,696	11,59	14,45	17,35	20,22	23,09	25,97
640	0,568	1,137	1,705	2,273	2,842	3,409	3,978	4,545	5,112	5,678	8,503	11,33	14,13	16,97	19,77	22,58	25,39
660	0,556	1,112	1,668	2,224	2,781	3,337	3,892	4,448	5,002	5,555	8,319	11,09	13,82	16,60	19,35	22,09	24,84
680	0,544	1,089	1,633	2,178	2,722	3,267	3,811	4,354	4,895	5,438	8,143	10,85	13,53	16,25	18,94	21,63	24,31
700	0,533	1,066	1,600	2,133	2,666	3,200	3,733	4,264	4,794	5,325	7,981	10,63	13,25	15,91	18,54	21,18	23,80
720	0,522	1,045	1,567	2,090	2,613	3,135	3,658	4,179	4,697	5,216	7,819	10,41	12,98	15,59	18,17	20,75	23,32
740	0,512	1,024	1,536	2,049	2,561	3,073	3,586	4,097	4,604	5,115	7,663	10,20	12,73	15,28	17,81	20,34	22,86
760	0,502	1,005	1,507	2,009	2,511	3,014	3,516	4,016	4,515	5,015	7,513	10,00	12,48	14,98	17,46	19,94	22,41
780	0,493	0,985	1,478	1,971	2,464	2,956	3,449	3,940	4,429	4,919	7,369	9,814	12,24	14,70	17,13	19,56	21,98
800	0,484	0,967	1,450	1,934	2,418	2,900	3,384	3,865	4,346	4,826	7,236	9,634	12,01	14,42	16,81	19,20	21,57
820	0,475	0,949	1,424	1,899	2,374	2,848	3,322	3,795	4,266	4,739	7,102	9,452	11,79	14,16	16,50	18,84	21,17
840	0,466	0,932	1,399	1,864	2,330	2,796	3,263	3,727	4,189	4,655	6,974	9,285	11,58	13,90	16,20	18,50	20,79
860	0,458	0,916	1,374	1,832	2,289	2,747	3,205	3,660	4,115	4,572	6,849	9,116	11,38	13,68	15,92	18,18	20,42
880	0,450	0,900	1,350	1,800	2,249	2,699	3,149	3,597	4,044	4,492	6,734	8,960	11,18	13,42	15,64	17,86	20,06
900	0,442	0,885	1,327	1,769	2,211	2,653	3,096	3,536	3,974	4,415	6,618	8,810	10,99	13,19	15,38	17,76	19,72
950	0,424	0,848	1,273	1,697	2,121	2,544	2,969	3,392	3,812	4,235	6,349	8,453	10,54	12,65	14,75	16,84	18,91
1000	0,408	0,815	1,223	1,630	2,038	2,446	2,853	3,259	3,666	4,072	6,101	8,123	10,25	12,16	14,17	16,17	18,17

Продолжение

p / t	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	135,1	163,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	110,1	126,6	144,7	190,8	261,1	438,6	613,5	675,7	709,2	735,3	757,6	775,2	793,6	806,4	819,7	826,4	833,3
60	95,88	108,7	122,1	152,0	186,9	227,8	280,9	344,8	416,7	490,2	581,4	595,2	625,0	653,6	675,7	694,4	709,2
80	86,66	97,18	107,8	131,2	156,2	184,8	216,0	250,6	289,0	330,0	373,1	416,7	458,7	495,0	526,3	555,5	581,4
100	78,93	88,18	97,66	117,2	138,1	160,5	184,5	209,6	235,8	263,8	293,2	323,6	354,6	384,6	414,9	444,4	471,7
120	73,10	81,30	89,44	107,0	125,0	144,3	164,2	184,5	206,2	227,8	250,6	274,0	298,5	322,6	346,0	369,0	390,6
140	68,26	75,76	83,33	99,01	114,9	131,9	148,8	166,1	184,2	202,8	221,7	241,0	261,1	280,9	300,0	320,5	339,0
160	64,10	71,07	78,06	92,42	107,2	122,4	137,6	152,2	168,1	184,5	201,2	217,9	234,7	251,9	268,8	286,5	303,0
180	60,61	66,93	73,58	86,66	100,4	114,4	128,2	141,4	155,5	170,4	185,2	200,0	214,6	229,9	245,1	260,4	275,5
200	57,34	63,33	69,44	81,63	93,98	106,6	119,5	132,3	145,3	158,7	172,1	185,5	198,8	212,3	226,2	239,8	253,8
220	54,58	60,28	66,01	77,40	88,97	100,8	112,7	124,5	136,8	149,0	161,3	173,6	185,9	198,0	211,0	223,2	235,8
240	52,03	57,44	62,85	73,69	84,67	95,78	107,1	117,9	129,4	140,8	152,2	163,7	175,1	186,2	198,4	209,6	221,2
260	49,85	54,98	60,13	70,47	80,97	91,49	102,1	112,2	123,0	133,7	144,5	155,0	165,8	176,4	187,6	198,0	208,8
280	47,78	52,66	57,57	67,38	77,28	87,34	97,28	107,2	117,4	127,4	137,6	147,5	157,7	167,8	177,9	188,0	198,0
300	45,93	50,61	55,31	64,68	74,13	83,61	93,11	102,6	112,2	121,8	131,4	140,8	150,4	160,0	169,5	178,9	188,7
320	44,23	48,73	53,22	62,19	71,22	80,32	89,36	98,42	107,5	116,7	125,8	134,8	143,9	153,1	161,8	170,9	180,2
340	42,66	46,99	51,31	59,92	68,59	77,28	85,98	94,61	103,3	112,1	120,8	129,4	138,1	146,8	155,0	163,7	172,4
360	41,22	45,39	49,53	57,84	66,14	74,52	82,85	91,16	99,50	107,9	116,1	124,4	132,8	141,0	149,0	157,2	165,6
380	39,87	43,90	47,87	55,90	63,90	71,94	79,94	87,95	95,97	104,0	111,8	119,8	127,9	135,7	143,5	151,3	159,2
400	38,61	42,50	46,34	54,08	61,80	69,54	77,28	84,96	92,68	100,3	108,0	115,6	123,3	130,9	138,5	146,0	153,6
420	37,44	41,20	44,92	52,41	59,88	67,34	74,79	82,24	89,69	97,0	104,4	111,8	119,2	126,6	133,9	141,0	148,4
440	36,34	39,98	43,59	50,84	58,07	65,27	72,46	79,68	86,88	93,98	101,1	108,3	115,5	122,5	129,5	136,6	143,6
460	35,30	38,83	42,34	49,38	56,37	63,37	70,32	77,34	84,32	91,16	98,14	105,0	112,0	118,8	125,6	132,4	139,3

Продолжение

t \ p	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
480	34,33	37,75	41,17	47,98	54,79	61,58	68,31	75,13	81,90	88,57	95,33	101,9	108,6	115,2	121,8	128,5	135,0
500	33,41	36,08	40,05	46,68	53,28	59,84	66,44	73,05	79,62	86,06	92,68	99,01	105,5	112,0	118,3	124,8	131,1
520	32,54	35,78	39,00	45,45	51,87	58,28	64,68	71,07	77,46	83,75	90,17	96,34	102,7	108,9	115,1	121,4	127,4
540	31,72	34,87	38,01	44,29	50,56	56,78	63,01	69,20	75,41	81,47	87,80	93,90	100,0	106,0	112,1	118,2	124,1
560	30,94	34,01	37,08	43,20	49,28	55,37	61,42	67,43	74,02	79,49	85,54	91,49	97,37	103,3	109,2	115,1	120,8
580	30,19	33,19	36,18	42,14	48,10	54,00	59,92	65,79	72,20	77,32	83,40	89,21	94,97	100,7	106,4	112,1	117,8
600	29,49	32,41	35,34	41,15	46,95	52,71	58,48	64,23	69,93	75,64	81,37	87,03	92,68	98,23	103,8	109,4	114,9
620	28,82	31,68	34,53	40,21	45,87	51,52	57,14	62,74	68,31	73,91	79,49	84,96	90,50	95,97	101,4	106,8	112,2
640	28,18	30,97	33,76	39,31	44,84	50,35	55,86	61,35	66,80	72,25	77,70	83,06	88,50	93,81	99,11	104,4	109,8
660	27,56	30,30	33,02	38,45	43,86	49,26	54,64	59,98	65,32	70,67	75,99	81,23	86,50	91,74	96,90	102,0	107,3
680	26,98	29,66	32,32	37,62	42,92	48,22	53,48	58,72	63,90	69,16	74,35	79,49	84,60	89,77	94,79	99,90	104,9
700	26,42	29,04	31,64	36,84	42,03	47,21	52,36	57,47	62,58	67,70	72,78	77,82	82,85	87,87	92,85	97,85	102,8
720	25,88	28,44	31,01	36,10	41,17	46,25	51,28	56,31	61,31	66,31	71,28	76,22	81,17	86,06	90,91	95,78	100,6
740	25,37	27,88	30,38	35,38	40,36	45,33	50,28	55,00	60,10	65,02	69,88	74,74	79,55	84,39	89,13	93,90	98,62
760	24,88	27,34	29,80	34,70	39,57	44,44	49,28	54,11	58,93	63,73	68,49	73,26	78,00	82,71	87,41	92,08	96,71
780	24,40	26,82	29,22	34,04	38,82	43,59	48,36	53,08	57,80	62,50	67,20	71,84	76,51	81,10	85,76	90,33	94,88
800	23,95	26,32	28,68	33,40	38,10	42,79	47,46	52,11	56,72	61,35	65,96	70,52	75,08	79,62	84,18	88,65	93,11
820	23,50	25,83	28,15	32,79	37,40	42,00	46,58	51,15	55,68	60,20	64,72	69,20	73,75	78,12	82,58	86,96	91,41
840	23,08	25,36	27,65	32,20	36,72	41,24	45,74	50,23	54,67	59,14	63,57	67,98	72,41	76,74	81,10	85,40	89,77
860	22,67	24,91	27,16	31,62	36,08	40,50	44,92	49,33	53,70	58,07	62,42	66,76	71,12	75,36	79,68	83,89	88,18
880	22,28	24,48	26,68	31,08	35,45	39,79	44,15	48,47	52,77	57,08	61,35	65,62	69,88	74,07	78,31	82,44	86,68
900	21,90	24,06	26,23	30,54	34,84	39,12	43,40	47,66	51,89	56,12	60,31	64,47	68,68	72,83	76,98	81,04	85,18
950	20,98	23,07	25,15	29,29	33,42	37,52	41,61	45,70	49,75	53,82	57,84	61,84	65,88	69,83	73,80	77,76	81,70
1000	20,17	22,16	24,15	28,14	32,10	36,05	39,98	43,92	47,80	51,71	55,59	59,45	63,29	67,11	70,92	74,68	78,49

Таблица 6-22. **Энтальпия i ккал/кг двуокиси углерода в зависимости от p кГ/см² и t °С**
(Д. Д. Калафати, Л. З. Румгинский, Термодинамические свойства углекислого газа, МЭИ, 1957.)

t \ p	1	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
0	168,6	167,1	165,6	164,1	162,4	160,2	158,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	172,7	171,3	170,1	168,9	167,3	165,6	164,1	161,0	156,8	—	—	—	—	—	—	—	—
40	176,8	175,6	174,6	173,5	172,3	171,0	169,9	167,6	164,7	160,5	149,0	129,0	124,6	122,9	121,6	120,5	119,5
60	181,0	180,0	178,9	177,9	177,3	176,4	175,6	173,4	170,8	168,6	162,0	154,0	148,1	142,9	138,5	134,6	131,0
80	185,3	184,6	183,7	182,9	182,1	181,2	180,4	178,8	176,6	174,6	170,0	165,0	160,6	156,0	151,7	147,6	143,6
100	189,6	189,0	188,3	187,6	186,9	186,2	185,6	183,7	182,2	180,5	177,0	173,4	169,4	165,4	161,7	158,3	155,1
120	194,0	193,4	192,8	192,1	191,4	190,8	190,1	188,7	187,4	186,0	183,3	180,3	177,1	173,9	170,8	168,1	165,4
140	198,5	197,9	197,4	196,7	196,2	195,6	195,0	193,8	192,6	191,4	189,0	186,4	183,7	181,1	178,6	176,2	173,9
160	203,0	202,5	202,0	201,4	200,9	200,4	199,9	198,8	197,8	196,8	194,7	192,4	190,3	188,2	186,1	183,9	181,8
180	207,7	207,3	206,8	206,3	205,9	205,4	205,0	204,0	203,1	202,2	200,3	198,3	196,4	194,6	192,7	190,8	189,0
200	212,4	212,1	211,6	211,3	210,8	210,4	210,0	209,2	208,4	207,5	205,9	204,1	202,4	200,7	199,0	197,4	195,8
220	217,2	216,9	216,5	216,2	215,8	215,4	215,1	214,3	213,5	212,8	211,4	209,8	208,2	206,6	205,0	203,6	202,2
240	222,0	221,7	221,4	221,1	220,7	220,4	220,1	219,4	218,7	218,1	216,8	215,5	214,0	212,4	211,0	209,7	208,5
260	226,9	226,7	226,4	226,1	225,8	225,5	225,2	224,6	224,0	223,4	222,2	221,0	219,7	218,3	217,0	215,8	214,7
280	231,9	231,7	231,5	231,2	230,9	230,6	230,4	229,9	229,3	228,8	227,8	226,7	225,4	224,2	223,0	221,9	220,9
300	236,9	236,7	236,5	236,3	236,0	235,8	235,6	235,1	234,6	234,2	233,3	232,3	231,1	230,0	228,9	227,9	227,0
320	242,1	241,9	241,7	241,5	241,3	241,0	240,9	240,4	240,0	239,6	238,8	237,8	236,7	235,7	234,8	233,9	233,0
340	247,2	247,0	246,8	246,6	246,5	246,2	246,1	245,7	245,3	245,0	244,3	243,3	242,3	241,4	240,6	239,8	239,0
360	252,4	252,2	252,0	251,9	251,8	251,5	251,4	251,1	250,7	250,4	249,8	248,8	248,0	247,1	246,4	245,7	244,9
380	257,6	257,4	257,2	257,1	257,0	256,8	256,6	256,4	256,0	255,7	255,2	254,4	253,6	252,8	252,2	251,5	250,8
400	262,9	262,7	262,6	262,5	262,4	262,2	262,0	261,8	261,5	261,2	260,7	260,0	259,3	258,6	257,9	257,3	256,7
420	268,2	268,1	268,0	267,9	267,8	267,6	267,5	267,2	267,0	266,7	266,3	265,6	264,9	264,2	263,7	263,1	262,6
440	273,6	273,5	273,4	273,3	273,2	273,1	273,0	272,7	272,5	272,3	271,9	271,2	270,5	269,9	269,4	268,9	268,4
460	279,0	278,9	278,8	278,7	278,6	278,5	278,4	278,2	278,0	277,8	277,4	276,7	276,2	275,6	275,1	274,6	274,2
480	284,5	284,4	284,3	284,2	284,2	284,1	284,0	283,8	283,6	283,4	283,0	282,3	281,9	281,3	280,8	280,4	280,0

Продолжение

t \ p	1	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
500	290,0	289,9	289,8	289,7	289,7	289,6	289,5	289,3	289,1	288,9	288,5	288,0	287,5	287,0	286,6	286,2	285,8
520	295,5	295,4	295,4	295,3	295,3	295,2	295,1	294,9	294,7	294,5	294,1	293,7	293,2	292,8	292,4	292,0	291,7
540	301,1	301,0	301,0	300,9	300,9	300,8	300,7	300,6	300,4	300,2	299,8	299,3	298,9	298,6	298,2	297,9	297,6
560	306,7	306,7	306,7	306,6	306,6	306,5	306,4	306,3	306,1	305,9	305,6	305,1	304,7	304,4	304,0	303,7	303,5
580	312,3	312,3	312,3	312,2	312,2	312,1	312,1	311,9	311,8	311,6	311,3	310,9	310,5	310,2	309,9	309,6	309,4
600	318,0	318,0	318,0	318,0	317,9	317,8	317,8	317,6	317,5	317,4	317,1	316,7	316,3	316,0	315,8	315,5	315,3
620	323,7	323,7	323,7	323,6	323,6	323,5	323,5	323,3	323,2	323,1	322,8	322,5	322,2	321,8	321,6	321,3	321,1
640	329,5	329,4	329,4	329,4	329,4	329,3	329,3	329,1	329,0	328,9	328,7	328,3	328,1	327,7	327,5	327,3	327,1
660	335,3	335,2	335,2	335,2	335,2	335,1	335,1	335,0	334,9	334,8	334,6	334,2	334,0	333,6	333,4	333,3	333,1
680	341,1	341,0	341,0	341,0	341,0	340,9	340,9	340,8	340,7	340,6	340,4	340,2	339,9	339,6	339,4	339,3	339,1
700	346,9	346,8	346,8	346,8	346,8	346,7	346,7	346,6	346,5	346,4	346,2	346,0	345,8	345,6	345,4	345,3	345,1
720	352,8	352,8	352,7	352,7	352,7	352,6	352,6	352,5	352,4	352,3	352,2	352,0	351,8	351,6	351,5	351,4	351,2
740	358,7	358,7	358,7	358,6	358,6	358,6	358,6	358,5	358,4	358,3	358,2	358,0	357,8	357,6	357,5	357,4	357,2
760	364,6	364,6	364,6	364,5	364,5	364,5	364,5	364,4	364,3	364,2	364,1	364,0	363,8	363,6	363,5	363,4	363,2
780	370,5	370,5	370,5	370,5	370,5	370,5	370,5	370,4	370,3	370,2	370,1	370,0	369,8	369,6	369,5	369,4	369,2
800	376,4	376,4	376,4	376,4	376,4	376,4	376,4	376,3	376,2	376,1	376,0	375,9	375,7	375,6	375,5	375,3	375,2
820	382,3	382,3	382,3	382,3	382,3	382,3	382,3	382,2	342,1	382,1	382,0	381,9	381,7	381,6	381,5	381,3	381,2
840	388,3	388,3	388,3	388,3	388,3	388,3	388,3	388,2	388,1	388,1	388,0	387,9	387,7	387,6	387,5	387,3	387,3
860	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3	394,2	394,1	394,1	394,0	393,9	393,7	393,7	393,6	393,4	393,4
880	400,3	400,3	400,3	400,3	400,3	400,3	400,3	400,2	400,1	400,1	400,0	399,9	399,8	399,8	399,7	399,5	399,5
900	406,4	406,4	406,4	406,4	406,4	406,4	406,4	406,2	406,2	406,2	406,1	406,0	405,9	405,9	405,8	405,7	405,6
950	421,7	421,7	421,7	421,7	421,7	421,7	421,7	421,6	421,5	421,5	421,4	421,4	421,3	421,2	421,2	421,1	421,0
1000	437,1	437,1	437,1	437,1	437,1	437,1	437,1	437,1	437,0	437,0	436,9	436,9	436,8	436,8	436,7	436,7	436,6

Таблица 6-23. Теплоемкость c_{pm} *ккал/кг·град* двуокиси углерода в зависимости от p *кГ/см*^{2} и t °С

p \ t	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
1	0,197	0,209	0,219	0,229	0,237	0,245	0,252	0,259	0,265	0,271	0,276	0,281	0,285	0,289	0,292
5	0,208	0,214	0,222	0,231	0,239	0,246	0,253	0,260	0,266	0,271	0,276	0,281	0,285	0,289	0,293
10	0,224	0,222	0,227	0,233	0,240	0,248	0,254	0,261	0,266	0,272	0,277	0,281	0,286	0,289	0,293
15	0,244	0,230	0,231	0,236	0,242	0,249	0,255	0,262	0,267	0,272	0,277	0,282	0,286	0,290	0,293
20	0,268	0,238	0,235	0,239	0,244	0,250	0,256	0,262	0,268	0,273	0,278	0,282	0,286	0,290	0,293
25	0,299	0,248	0,240	0,241	0,246	0,252	0,257	0,263	0,268	0,273	0,278	0,282	0,286	0,290	0,294
30	—	0,259	0,245	0,244	0,248	0,253	0,258	0,264	0,269	0,274	0,278	0,283	0,287	0,290	0,294
40	—	0,285	0,257	0,250	0,252	0,256	0,260	0,265	0,270	0,275	0,280	0,283	0,287	0,291	0,294
50	—	0,321	0,270	0,257	0,256	0,258	0,262	0,267	0,272	0,276	0,280	0,284	0,288	0,291	0,295
60	—	0,370	0,282	0,264	0,260	0,261	0,265	0,268	0,273	0,277	0,281	0,285	0,289	0,292	0,295
70	—	0,449	0,298	0,271	0,264	0,264	0,267	0,270	0,274	0,278	0,282	0,285	0,289	0,292	0,296
80	—	0,583	0,317	0,279	0,269	0,267	0,269	0,272	0,276	0,279	0,283	0,286	0,290	0,293	0,296
90	—	0,829	0,337	0,288	0,274	0,270	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	0,286	0,291	0,294	0,297
100	—	1,270	0,362	0,296	0,279	0,274	0,273	0,275	0,278	0,281	0,285	0,287	0,291	0,294	0,297
110	—	1,392	0,386	0,306	0,283	0,277	0,275	0,277	0,279	0,282	0,286	0,288	0,292	0,295	0,298
120	—	1,188	0,417	0,315	0,288	0,280	0,277	0,278	0,280	0,283	0,286	0,289	0,292	0,295	0,298
130	—	0,960	0,446	0,324	0,293	0,282	0,280	0,280	0,282	0,284	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299
140	—	0,820	0,475	0,334	0,298	0,286	0,282	0,281	0,283	0,285	0,288	0,291	0,293	0,296	0,299
150	—	0,722	0,502	0,344	0,303	0,289	0,284	0,283	0,284	0,286	0,289	0,292	0,294	0,297	0,300
160	—	0,657	0,527	0,353	0,308	0,293	0,286	0,284	0,285	0,287	0,290	0,292	0,295	0,298	0,300
180	—	—	0,554	0,371	0,318	0,300	0,290	0,288	0,288	0,289	0,291	0,294	0,295	0,298	0,301
200	—	—	0,559	0,389	0,327	0,308	0,293	0,291	0,290	0,291	0,292	0,295	0,296	0,299	0,302
220	—	—	0,548	0,411	0,336	0,317	0,296	0,294	0,292	0,293	0,294	0,296	0,298	0,301	0,302
240	—	—	0,522	0,426	0,344	0,321	0,299	0,297	0,295	0,295	0,296	0,297	0,299	0,302	0,303
260	—	—	0,493	0,431	0,352	0,325	0,303	0,299	0,297	0,296	0,297	0,298	0,301	0,302	0,304
280	—	—	0,475	0,432	0,358	0,328	0,307	0,302	0,299	0,298	0,298	0,300	0,302	0,303	0,305
300	—	—	0,455	0,429	0,363	0,332	0,311	0,304	0,301	0,300	0,300	0,301	0,303	0,304	0,305
350	—	—	—	0,418	0,371	0,339	0,319	0,310	0,305	0,303	0,302	0,303	0,305	0,306	0,308
400	—	—	—	0,402	0,375	0,344	0,326	0,315	0,309	0,307	0,306	0,306	0,307	0,308	0,310
450	—	—	—	0,391	0,374	0,348	0,331	0,319	0,313	0,310	0,309	0,308	0,309	0,310	0,311
500	—	—	—	0,385	0,369	0,356	0,334	0,323	0,316	0,313	0,312	0,311	0,311	0,312	0,313

Таблица 6-24. Теплопроводность $\lambda \cdot 10^2$ *ккал/м · час · град* двуокиси углерода в зависимости от p *кГ/см*^{2} и t °С [1]

(Н. В. Цедерберг, Теплопроводность сжатых газов, Теплоэнергетика, № 1, 1957.)

p \ t	0	10	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
1	1,25	1,32	1,38	1,45	1,52	1,59	1,65	1,79	1,92	2,05	2,19	2,32	2,45	2,59	2,92	3,26	3,58	3,92	4,25	4,59	5,25	5,92	6,58
30	1,57	1,62	1,66	1,71	1,75	1,80	1,85	1,97	2,09	2,21	2,33	2,46	2,59	2,71	3,02	3,35	3,67	3,99	4,32	4,65	5,30	5,96	6,62
50	—	—	2,07	2,06	2,05	2,06	2,08	2,16	2,26	2,36	2,48	2,59	2,70	2,82	3,12	3,42	3,74	4,06	4,38	4,71	5,35	6,00	6,64
70	—	—	—	2,71	2,58	2,49	2,44	2,44	2,49	2,56	2,66	2,76	2,85	2,96	3,24	3,52	3,83	4,14	4,44	4,76	5,40	6,04	6,68
100	9,47	8,94	8,34	7,48	5,90	3,84	3,33	3,00	2,91	2,91	2,94	3,00	3,08	3,17	3,40	3,67	3,94	4,23	4,54	4,86	5,48	6,12	6,75
130	9,63	9,14	8,57	7,93	7,20	6,32	4,96	3,88	3,58	3,42	3,31	3,30	3,35	3,41	3,60	3,84	4,10	4,38	4,67	4,97	5,58	6,20	6,81
150	9,70	9,26	8,79	8,24	7,61	6,86	5,96	4,52	3,93	3,70	3,61	3,57	3,57	3,60	3,76	3,98	4,21	4,47	4,76	5,04	5,64	6,25	6,86
200	9,90	9,53	9,15	8,70	8,25	7,73	7,11	6,05	5,15	4,63	4,34	4,18	4,10	4,07	4,14	4,28	4,46	4,69	4,95	5,24	5,80	6,39	7,00

Примечание к табл. 6-24. [1]) Коэффициент теплопроводности двуокиси углерода при $\gamma \leqslant 960$ *кГ/м*^{3} может быть определен по формуле $\lambda = \lambda_1 + 1{,}38 \cdot 10^{-5}\,\gamma^{1{,}26}$, в которой λ_1 — коэффициент теплопроводности при давлении 1 *кГ/см*^{2} и температуре t °С.

Таблица 6-25. Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$ кГ·сек/м² двуокиси углерода в зависимости от p кГ/см² и t °С

(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М., 1956.)

p \ t	0	10	20	30	40	50	60	80	100	125	150	175	200	300	400	500	600
1	1,43	1,47	1,51	1,55	1,60	1,64	1,68	1,77	1,86	1,98	2,08	2,18	2,28	2,69	3,08	3,46	3,83
20	1,46	1,50	1,54	1,58	1,62	1,66	1,70	1,79	1,89	1,96	2,04	2,12	2,29	2,70	3,09	3,46	3,83
40	—	1,60	1,62	1,65	1,69	1,72	1,76	1,84	1,92	2,00	2,07	2,15	2,31	2,71	3,10	3,47	3,84
60	—	—	—	1,89	1,86	1,86	1,88	1,93	2,00	2,03	2,12	2,18	2,36	2,74	3,11	3,49	3,85
80	—	—	—	—	2,47	2,16	2,09	2,07	2,10	2,14	2,19	2,24	2,41	2,77	3,14	3,50	3,87
100	—	—	—	—	4,60	3,03	2,50	2,27	2,24	2,24	2,27	2,32	2,47	2,81	3,16	3,52	3,88
120	—	—	—	—	—	4,29	2,92	2,52	2,46	2,38	2,38	2,41	2,54	2,85	3,20	3,55	3,90
140	—	—	—	—	—	—	3,73	3,05	2,73	2,55	2,51	2,48	2,62	2,90	3,23	3,58	3,92
160	—	—	—	—	—	—	4,53	3,56	3,04	2,76	2,81	2,63	2,72	2,96	3,26	3,60	3,96
180	—	—	—	—	—	—	—	3,94	3,38	2,98	2,82	2,75	2,81	3,02	3,30	3,63	3,98
200	—	—	—	—	—	—	—	4,48	3,75	3,24	3,01	2,90	2,94	3,08	3,35	3,66	4,00
250	—	—	—	—	—	—	—	—	4,55	3,88	3,51	3,30	3,25	3,26	3,48	3,75	4,07
300	—	—	—	—	—	—	—	—	5,39	4,46	4,01	3,69	3,59	3,46	3,61	3,86	4,15

Таблица 6-26. Удельный вес γ *кГ/м*³ и энтальпия i *ккал/кг* гелия в зависимости от p *кГ/см*² и t °С

p \ t	0	25	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
1	γ 0,173	0,158	0,146	0,136	0,126	0,118	0,112	0,100	0,090	0,082	0,075	0,070	0,061	0,054
	i 0	31,0	62,0	92,9	123,9	155,1	186,1	248,1	310,0	372,2	434,3	496,4	620,5	744,7
5	γ 0,862	0,790	0,729	0,677	0,631	0,592	0,557	0,498	0,448	0,411	0,378	0,350	0,305	0,270
	i 0,5	31,5	62,4	93,7	124,6	155,6	186,6	248,6	310,6	372,7	434,8	496,9	621,0	745,2
10	γ 1,720	1,576	1,455	1,351	1,260	1,182	1,112	0,995	0,900	0,822	0,757	0,700	0,610	0,540
	i 1,0	32,0	63,0	93,9	124,9	155,9	187,1	249,1	311,1	373,2	435,3	497,4	621,3	745,4
25	γ 4,266	3,913	3,614	3,357	3,134	2,940	2,767	2,477	2,24	2,048	1,88	1,745	1,521	1,347
	i 2,0	33,2	64,0	95,2	126,2	157,1	188,1	250,3	312,3	374,2	436,3	498,4	622,5	746,4
50	γ 8,427	7,738	7,153	6,650	6,215	5,832	5,493	4,920	4,455	4,074	3,77	3,475	3,030	2,686
	i 4,0	35,0	65,9	97,2	128,2	159,1	190,1	252,3	314,3	376,2	438,3	500,4	624,3	748,4
75	γ 12,49	11,48	10,62	9,884	9,242	8,678	8,178	7,331	6,66	6,080	5,60	5,190	4,529	4,016
	i 6,0	37,0	67,9	99,2	130,2	161,1	194,6	254,0	316,0	378,2	440,3	502,4	626,3	750,2
100	γ 16,46	15,15	14,03	13,06	12,22	11,48	10,82	9,709	8,81	8,065	7,46	6,89	6,016	5,338
	i 7,7	39,0	69,9	100,9	132,1	163,1	196,6	256,0	318,0	380,0	442,0	504.1	628,0	751,9
200	γ 31,56	29,13	27,05	25,25	23,68	22,29	21,06	18,93	17,25	15,81	14,65	13,55	11,86	10,54
	i 15,0	46,0	77,2	108,4	139,4	170,6	201,3	263,3	325,3	387,4	449,4	511,4	635,3	759,2
300	γ 45,26	41,89	39,02	36,73	34,51	32,54	30,78	27,79	25,3	23,28	21,5	20,0	17,55	15,63
	i 21,7	52,5	83,7	115,2	146,4	177,6	208,3	270,5	332,5	394,4	456,4	518,4	642,5	766,2

Таблицы 6-27 а и б. Теплопроводность и динамическая вязкость гелия

В табл. 6-27а приведены значения коэффициентов теплопроводности $\lambda \cdot 10^2$ *ккал/м · час · град* в зависимости от p *кГ/см*^{2} и t °С. Коэффициент теплопроводности гелия может быть определен по формуле $\lambda = \lambda_1 + 1{,}58 \cdot 10^{-4}\gamma^{1{,}17}$, где λ_1 — коэффициент теплопроводности при давлении 1 *кГ/см*^{2} и температуре t °С.

В табл. 6-27б приведены значения коэффициентов динамической вязкости $\mu \cdot 10^6$ *кГ · сек/м*^{2} в зависимости от t °С.

Таблица 6-27а

p \ t	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600
1	12.3	13,8	15,4	16,9	18,3	19,6	21,0	22,4	23,7	26,2	28,6
100	12,8	14,2	15,7	17,2	18,5	19,8	21,2	22,6	23,9	26,3	28,7
200	13,3	14,6	16,0	17,5	18,8	20,0	21,4	22,8	24,0	26,5	28,9
300	13,8	15,0	16,4	17,8	19,1	20,3	21,6	23,0	24,2	26,7	29,0
400	14.2	15,4	16,7	18,0	19,3	20,5	21,8	23,2	24,4	26,8	29,1
500	14,7	15,8	17,1	18,4	19,6	20,8	22,1	23,4	24,6	27,0	29,3

Таблица 6-27б

t °С	0	50	100	150	200	300	400	500	600
$\mu \cdot 10^6$	1,91	2,125	2,34	2,545	2,75	3,14	3,50	3,83	4,11

Таблицы 6-28 а и б. Удельный вес γ *кГ/м*^{3} азота и водорода в зависимости от p *кГ/см*^{2} и t °С

Таблица 6-28а

p \ t	0	50	100	150	200	300	400	500	600
	Азот								
1	1,21	1,02	0,885	0,781	0,698	0,576	0,491	0,427	0,378
2	2,42	2,04	1,77	1,56	1,40	1,15	0,981	0,854	0,756
5	6,06	5,11	4,42	3,90	3,48	2,88	2,45	2,13	1,89
10	12,15	10,22	8,83	7,78	6,96	5,74	4,89	4,26	3,77
15	18,25	15,33	13,24	11,65	10,41	8,61	7,32	6,37	5,64
20	24,4	20,4	17,63	15,51	13,86	11,43	9,74	8,48	7,51
25	30,5	25,5	22,0	19,35	17,28	14,26	12,14	10,58	9,37
30	36,7	30,6	26,4	23,2	20,7	17,04	14,54	12,67	11,22
40	49,0	40,8	35,1	30,8	27,5	22,7	19,31	16,82	14,90
60	73,8	60,9	52,3	45,8	40,9	33,7	28,7	25,0	22,2
80	98,4	80,9	69,2	60,6	54,0	44,5	38,0	33,1	29,3
100	123,0	100,6	85,8	75,1	66,9	55,2	47,1	41,0	36,3

Таблица 6-28б

p \ t	0	50	100	150	200	300	400
	Водород						
1	0,087	0,0735	0,0637	0,0561	0,0502	0,0415	0,0353
10	0,865	0,732	0,634	0,560	0,500	0,414	0,352
20	1,719	1,455	1,262	1,114	0,997	0,824	0,702
40	3,396	2,878	2,498	2,208	1,978	1,636	1,397
60	5,031	4,269	3,711	3,283	2,944	2,438	2,084
80	6,623	5,629	4,898	4,335	3,895	3,228	2,762
100	8,177	6,96	6,062	5,372	4,832	4,008	3,432
200	15,35	13,18	11,54	10,29	9,27	7,77	6,30
400	27,26	23,77	21,08	18,95	17,22	14,61	12,59

Таблицы 6-29а и б. **Теплопроводность $\lambda \cdot 10^2$ *ккал/м · час · град* азота и водорода в зависимости от *p кГ/см²* и *t* °С**

Таблица 6-29а

p \ t	15	25	50	75	100	200	300
	Азот						
1	2,16	2,27	2,33	2,53	2,65	3,17	3,71
100	2,43	2,81	2,83	2,92	2,74	3,23	3,73
200	3,14	3,52	3,50	3,50	3,26	3,54	3,95
300	3,74	4,28	4,14	4,07	3,78	3,92	4,26
400	4,06	4,95	4,74	4,63	4,05	4,14	4,44

Таблица 6-29б

p \ t	15	100	200	300
	Водород			
1	15,08	18,18	21,69	25,20
100	15,51	18,40	21,83	25,30
200	16,07	18,77	22,11	25,54
300	16,42	18,96	22,26	25,68
400	16,53	19,09	22,36	25,72

Таблицы 6-30 а, б и в. **Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^6$ кГ · сек/м² некоторых газов в зависимости от p атм и t °С**

(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М., 1956.)

Таблица 6-30а

p \ t	0	25	50	75	100	150	200	250
	Азот							
1	1,70	1,80	1,92	2,02	2,13	2,32	2,51	2,69
50	1,79	1,90	1,99	2,09	2,20	2,38	2,55	2,72
100	1,94	2,03	2,10	2,19	2,27	2,44	2,62	2,77
200	2,36	2,35	2,36	2,41	2,48	2,61	2,75	2,88
300	2,81	2,73	2,69	2,71	2,74	2,80	2,90	3,00
400	3,25	3,13	3,05	3,02	3,02	3,02	3,06	—

Таблица 6-30б

p \ t	15	25	50	100	150	200	250
	Водород						
1	0,88	0,90	0,95	1,05	1,15	1,23	1,32
50	0,89	0,91	0,96	1,06	1,15	1,24	1,32
100	0,90	0,92	0,97	1,07	1,16	1,24	1,33
200	0,93	0,95	1,00	1,09	1,18	1,26	1,34
300	0,96	0,98	1,02	1,11	1,20	1,27	1,36
400	0,99	1,01	1,09	1,14	1,22	1,29	1,37

Таблица 6-30в

p \ t	0	16	25	50	90	100	16	50	100
	Воздух						Кислород		
1	1,75	1,83	1,87	2,00	2,19	2,23	2,09	2,22	2,48
50	1,85	1,92	1,96	2,07	2,24	2,28	2,13	2,31	2,53
100	2,01	2,06	2,10	2,19	2,34	2,38	2,29	2,44	2,66
150	2,21	2,24	2,26	2,32	2,44	2,47	2,50	2,60	2,78
200	2,42	2,43	2,44	2,48	2,56	2,58	2,74	—	—
250	2,66	2,64	2,64	2,65	2,69	2,70	—	—	—
300	2,92	2,87	2,85	2,83	2,85	2,86	3,28	—	—

Таблица 6-31. **Физические параметры газов при $p = 1$ *атм* (760 *мм* Hg)**

(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М., 1956; М. А. Михеев, Основы теплопередачи, М., 1956.)

t, °C	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	$10^3 \cdot \lambda$, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$10^2 \cdot a$, $\frac{м^2}{час}$	$10^6 \cdot \mu$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$10^6 \cdot \nu$, $\frac{м^2}{сек}$	Pr
			Аргон				
0	1,784	0,124	1,42	6,4	2,15	11,8	0,663
100	1,305	0,124	1,82	11,2	2,75	20,6	0,661
200	1,030	0,124	2,20	17,2	3,28	31,2	0,653
300	0,850	0,124	2,57	24,4	3,76	43,4	0,640
400	0,724	0,124	2,92	32,6	4,19	56,7	0,628
500	0,627	0,124	3,26	42,0	4,61	72,0	0,619
600	0,558	0,124	3,39	51,9	4,95	87,0	0,604
			Неон				
0	0,900	0,246	3,99	18,0	3,03	33,0	0,660
100	0,659	0,246	4,97	30,6	3,71	55,3	0,648
200	0,519	0,246	5,90	46,1	4,33	81,8	0,637
300	0,429	0,246	6,75	64,0	4,92	112	0,633
400	0,365	0,246	7,57	84,3	5,45	146	0,625
500	0,318	0,246	8,36	107	5,96	185	0,619
600	0,281	0,246	9,12	132	6,42	221	0,612
			Азот				
0	1,250	0,246	2,09	6,9	1,70	13,3	0,705
100	0,916	0,247	2,71	11,6	2,11	22,5	0,678
200	0,723	0,249	3,31	18,3	2,47	33,6	0,656
300	0,597	0,253	3,86	25,5	2,82	46,4	0,652
400	0,508	0,258	4,36	33,3	3,15	60,9	0,659
500	0,442	0,264	4,80	41,1	3,46	76,9	0,672
600	0,392	0,270	5,19	49,1	3,76	94,3	0,689
700	0,352	0,275	5,52	57,0	4,04	113	0,710
800	0,318	0,280	5,80	65,4	4,31	133	0,734
900	0,291	0,284	6,03	73,1	4,59	154	0,762
1000	0,268	0,287	6,22	80,2	4,84	177	0,795
			Гелий				
0	0,178	1,243	12,3	55	1,91	105	0,684
100	0,130	1,243	15,4	95	2,34	176	0,667
200	0,103	1,243	18,3	143	2,75	270	0,660
300	0,085	1,243	21,0	199	3,14	362	0,656
400	0,072	1,243	23,7	263	3,50	474	0,648
500	0,063	1,243	26,2	336	3,83	611	0,642
600	0,056	1,243	28,6	412	4,11	723	0,631

Продолжение

t, °C	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	$10^2 \cdot \lambda$, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$10^2 \cdot a$, $\frac{м^2}{час}$	$10^6 \cdot \mu$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$10^6 \cdot \nu$, $\frac{м^2}{сек}$	Pr
			Ксенон				
0	5,89	0,0378	4,50	2,0	2,15	3,4	0,638
100	4,31	0,0378	5,98	3,7	2.88	6,6	0,643
200	3,40	0,0378	7,42	5,8	3,55	10,2	0,639
300	2,81	0,0378	8,80	8,3	4,15	14,5	0,630
400	2,39	0,0378	10,2	11,3	4,73	19,4	0,619
500	2,08	0,0378	11,6	14,7	5,24	24,7	0,603
600	1,84	0,0378	12,9	18,5	5,60	29,9	0,579
			Водород				
0	0,0899	3,39	14,8	48,6	0,85	93	0,688
100	0,0657	3,45	18,9	83,4	1,05	157	0,677
200	0,0519	3,46	22,7	126	1,23	233	0,666
300	0,0428	3,47	26,4	178	1,41	323	0,655
400	0,0364	3,48	29,9	236	1,57	423	0,644
500	0,0317	3,50	33,3	300	1,72	534	0,640
600	0,0281	3,53	36,7	370	1,87	656	0,635
700	0,0252	3,57	39,8	443	2,01	785	0,637
800	0,0228	3,61	43,0	523	2,15	924	0,638
900	0,0209	3,66	46,1	603	2,28	1070	0,640
1000	0,0192	3,71	49,1	688	2,42	1230	0,644
			Кислород				
0	1,429	0,218	2,12	6,8	1,98	13,6	0,720
100	1,050	0,223	2,83	12,1	2,46	23,1	0,686
200	0,826	0,230	3,50	15,6	2,91	34,6	0,674
300	0,682	0,238	4,13	25,4	3,31	47,8	0,673
400	0,580	0,244	4,73	33,3	3,70	62,8	0,675
500	0,504	0,250	5,29	42,0	4,08	79,6	0,682
600	0,447	0,255	5,80	50,8	4,44	97,8	0,689
700	0,402	0,259	6,26	60,0	4,79	117	0,700
800	0,363	0,263	6,68	70,0	5,12	138	0,710
900	0,333	0,266	7,05	79,7	5,45	161	0,725
1000	0,306	0,268	7,38	90,0	5,76	184	0,738

Продолжение

t, °C	γ, $\frac{кГ}{м^3}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	$10^2 \cdot \lambda$, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	$10^2 \cdot a$, $\frac{м^2}{час}$	$10^6 \cdot \mu$, $\frac{кГ \cdot сек}{м^2}$	$10^6 \cdot \nu$, $\frac{м^2}{сек}$	Pr
			Углекислый газ				
0	1,977	0,195	1,26	3,3	1,43	7,1	0,780
100	1,447	0,218	1,96	6,2	1,86	12,6	0,733
200	1,143	0,237	2,66	9,8	2,28	19,2	0,715
300	0,944	0,252	3,36	14,1	2,69	27,3	0,712
400	0,802	0,265	4,06	19,1	3,08	36,7	0,709
500	0,698	0,276	4,72	24,6	3,46	47,2	0,713
600	0,618	0,285	5,34	30,8	3,84	58,3	0,723
700	0,555	0,292	5,92	36,6	4,19	71,4	0,730
800	0,502	0,298	6,46	43,2	4,55	85,3	0,741
900	0,460	0,304	6,96	49,9	4,91	100	0,757
1000	0,423	0,308	7,42	56,9	5,25	116	0,770
			Воздух				
−50	1,584	0,242	1,75	4,57	1,49	9,23	0,728
−30	1,453	0,242	1,89	5,37	1,60	10,80	0,723
−20	1,395	0,241	1,96	5,83	1,65	11,60	0,716
−10	1,342	0,241	2,03	6,28	1,70	12,43	0,712
0	1,293	0,240	2,10	6,77	1,75	13,28	0,707
10	1,247	0,240	2,16	7,22	1,80	14,16	0,705
20	1,205	0,240	2,23	7,71	1,85	15,06	0,703
30	1,165	0,240	2,30	8,23	1,90	16,00	0,701
40	1,128	0,240	2,37	8,75	1,95	16,96	0,699
50	1,093	0,240	2,43	9,26	2,00	17,95	0,698
60	1,060	0,240	2,49	9,79	2,05	18,97	0,696
70	1,029	0,241	2,55	10,28	2,10	20,02	0,694
80	1,000	0,241	2,62	10,87	2,15	21,09	0,692
90	0,972	0,241	2,69	11,48	2,19	22,10	0,690
100	0,946	0,241	2,76	12,11	2,23	23,13	0,688
120	0,898	0,241	2,87	13,26	2,33	25,45	0,686
140	0,854	0,242	3,00	14,52	2,42	27,80	0,684
160	0,815	0,243	3,13	15,80	2,50	30,09	0,682
180	0,779	0,244	3,25	17,10	2,58	32,49	0,681
200	0,746	0,245	3,38	18,49	2,65	34,85	0,680
250	0,674	0,248	3,67	21,96	2,79	40,61	0,677
300	0,615	0,250	3,96	25,76	3,03	48,33	0,674
350	0,566	0,253	4,22	29,47	3,20	55,46	0,676
400	0,524	0,255	4,48	33,52	3,37	63,09	0,678
500	0,456	0,261	4,94	41,51	3,69	79,38	0,687
600	0,404	0,266	5,35	49,78	3,99	96,89	0,699
700	0,362	0,271	5,77	58,82	4,26	115,4	0,706
800	0,329	0,276	6,17	67,95	4,52	134,8	0,713
900	0,301	0,280	6,56	77,84	4,76	155,1	0,717
1000	0,277	0,283	6,94	88,53	5,00	177,1	0,719

Таблица 6-32. **Энтальпия i ккал/нм³ некоторых газов**
(М. П. Вукалович и др., Термодинамические свойства газов, М., 1953.)

t, °С	N_2	N_2[1] (атмосф.)	O	O_2	C	CO	CO_2	Воздух	H_2	OH	H_2O	NO	N_2O	SO_2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	31,06	30,95	23,22	31,47	22,20	31,09	40,61	31,06	30,83	31,71	35,95	31,87	42,32	43,32
200	62,28	62,08	46,05	63,78	44,37	62,44	85,38	62,44	61,96	63,18	72,72	63,94	88,82	90,21
300	93,93	93,63	68,67	97,17	66,54	94,35	133,5	94,38	93,09	94,62	110,5	96,63	138,7	140,3
400	126,2	125,8	91,15	131,6	88,70	127,0	184,4	127,0	124,4	126,1	149,6	130,1	191,2	192,7
500	159,1	158,6	113,6	166,9	110,9	160,4	237,5	160,4	155,8	157,8	189,9	164,4	246,1	247,2
600	192,8	192,1	135,9	203,0	133,0	194,5	292,5	194,4	187,4	189,7	231,4	199,6	303,1	302,7
700	227,2	226,3	158,2	239,8	155,2	229,4	349,2	229,2	219,4	222,0	274,4	235,3	361,6	359,8
800	262,1	261,2	180,5	277,0	177,3	264,9	407,2	264,5	251,6	254,9	318,7	271,7	421,6	417,2
900	297,6	296,6	202,8	314,8	199,5	300,9	466,3	300,4	284,3	288,2	364,5	308,5	482,7	475,8
1000	333,7	332,4	225,0	352,9	221,6	337,4	526,3	336,7	317,4	322,0	411,5	345,8	544,9	534,5
1100	370,2	368,7	372,7	391,3	243,8	374,3	587,2	373,5	351,0	356,4	459,8	383,5	607,9	594
1200	407,0	405,4	269,4	430,1	266,0	411,6	648,8	410,6	385,0	391,3	509,3	421,4	—	653
1300	444,2	442,5	291,6	469,0	288,1	449,2	711,0	448,1	419,5	426,5	559,8	459,7	—	—
1400	481,7	479,8	313,9	508,3	310,3	487,1	773,6	485,8	454,4	462,1	611,2	498,1	—	—
1500	519,5	517,4	336,0	547,9	332,6	525,2	836,7	523,8	489,9	498,2	663,8	536,7	—	—
1600	557,4	555,2	358,2	587,7	354,8	563,6	900,1	562,1	525,6	534,6	717,0	575,7	—	—
1700	595,7	593,3	380,4	627,8	377,1	602,0	964,1	600,4	561,7	571,4	771,3	614,7	—	—
1800	634,0	631,4	402,6	668,2	399,5	640,6	1028	632,1	508,3	608,4	826,1	653,8	—	—
1900	672,6	669,8	424,8	708,7	421,8	679,4	1093	677,9	635,2	645,8	881,5	693,1	—	—
2000	711,2	708,2	447,0	749,6	444,3	718,4	1157	717,0	672,4	683,6	937,6	732,4	—	—
2100	759,1	747,0	469,2	790,4	466,8	757,5	1222	756,0	709,8	721,6	994,3	772,0	—	—
2200	789,1	785,6	491,4	831,8	489,4	796,6	1287	795,3	747,6	759,9	1051,5	811,6	—	—
2300	828,0	824,6	513,7	873,3	512,0	835,8	1351	834,7	785,7	798,3	1109,1	851,2	—	—
2400	867,1	863,5	535,9	915,1	534,8	875,8	1416	874,3	823,9	837,1	1167,3	890,9	—	—
2500	906,3	902,5	558,1	957,0	557,1	914,8	1482	913,8	862,7	876,0	1225,9	930,8	—	—

Примечание к табл. 6-32. [1]) Принято, что объемный состав атмосферного азота следующий: азот 98,76%; аргон 1,19%; углекислота 0,04% и водород 0,01%.

Таблица 6-33. **Истинные объемные теплоемкости c'_p *ккал/нм³ · град* некоторых газов при постоянном давлении**

(М. П. Вукалович и др., Термодинамические свойства газов, М., 1953.)

t, °C	N_2	N_2[1] (атмосф.)	O	O_2	C	CO	CO_2	Воздух	H_2	OH	H_2O	NO	N_2O	SO_2
0	0,3102	0,3092	0,2352	0,3119	0,2261	0,3103	0,3821	0,3098	0,3049	0,3196	0,3569	0,3194	0,3991	0,414
100	0,3111	0,3101	0,2298	0,3184	0,2240	0,3118	0,4284	0,3119	0,3104	0,3159	0,3629	0,3188	0,4455	0,452
200	0,3140	0,3130	0,2270	0,3284	0,2231	0,3159	0,4655	0,3162	0,3116	0,3143	0,3726	0,3232	0,4823	0,485
300	0,3192	0,3181	0,2254	0,3392	0,2226	0,3224	0,4957	0,3225	0,3122	0,3143	0,3840	0,3309	0,5127	0,514
400	0,3258	0,3247	0,2244	0,3491	0,2223	0,3300	0,5206	0,3298	0,3132	0,3155	0,3963	0,3392	0,5381	0,535
500	0,3330	0,3318	0,2237	0,3575	0,2221	0,3379	0,5415	0,3372	0,3150	0,3180	0,4092	0,3473	0,5595	0,551
600	0,3401	0,3388	0,2233	0,3644	0,2220	0,3453	0,5589	0,3442	0,3175	0,3215	0,4226	0,3545	0,5776	0,563
700	0,3467	0,3453	0,2229	0,3702	0,2219	0,3519	0,5736	0,3506	0,3207	0,3259	0,4364	0,3608	0,5926	0,573
800	0,3527	0,3513	0,2227	0,3751	0,2217	0,3577	0,5858	0,3563	0,3247	0,3307	0,4502	0,3662	0,6055	0,580
900	0,3580	0,3565	0,2225	0,3792	0,2218	0,3629	0,5962	0,3613	0,3289	0,3357	0,4637	0,3708	0,6167	0,586
1000	0,3627	0,3611	0,2224	0,3827	0,2218	0,3673	0,6050	0,3657	0,3333	0,3406	0,4766	0,3747	0,6263	0,591
1100	0,3668	0,3652	0,2222	0,3859	0,2218	0,3711	0,6124	0,3695	0,3380	0,3455	0,4886	0,3780	0,6347	0,594
1200	0,3704	0,3688	0,2221	0,3888	0,2219	0,3744	0,6188	0,3730	0,3426	0,3502	0,4999	0,3809	—	0,597
1300	0,3736	0,3719	0,2221	0,3916	0,2220	0,3773	0,6243	0,3760	0,3473	0,3546	0,5104	0,3834	—	—
1400	0,3764	0,3746	0,2220	0,3942	0,2222	0,3798	0,6290	0,3788	0,3516	0,3587	0,5200	0,3856	—	—
1500	0,3788	0,3770	0,2220	0,3968	0,2225	0,3821	0,6331	0,3812	0,3558	0,3626	0,5289	0,3876	—	—
1600	0,3809	0,3791	0,2219	0,3994	0,2228	0,3840	0,6365	0,3834	0,3598	0,3663	0,5371	0,3892	—	—
1700	0,3828	0,3810	0,2219	0,4019	0,2232	0,3858	0,6396	0,3854	0,3635	0,3697	0,5449	0,3907	—	—
1800	0,3846	0,3827	0,2219	0,4043	0,2237	0,3873	0,6422	0,3873	0,3670	0,3728	0,5518	0,3921	—	—
1900	0,3861	0,3843	0,2220	0,4068	0,2243	0,3887	0,6444	0,3890	0,3704	0,3757	0,5581	0,3933	—	—
2000	0,3875	0,3857	0,2220	0,4092	0,2249	0,3900	0,6463	0,8906	0,3735	0,3784	0,5640	0,3945	—	—
2100	0,3888	0,3869	0,2221	0,4117	0,2255	0,3911	0,6479	0,3921	0,3765	0,3809	0,5695	0,3955	—	—
2200	0,3899	0,3880	0,2222	0,4141	0,2263	0,3921	0,6491	0,3935	0,3794	0,3833	0,5747	0,3963	—	—
2300	0,3910	0,3891	0,2223	0,4164	0,2270	0,3931	0,6501	0,4948	0,3820	0,3855	0,5793	0,3972	—	—
2400	0,3920	0,3901	0,2224	0,4197	0,2278	0,3940	0,6506	0,3961	0,3846	0,3876	0,5837	0,3980	—	—
2500	0,3929	0,3909	0,2226	0,4209	0,2287	0,3948	0,6509	0,3972	0,3870	0,3898	0,5878	0,3988	—	—

Примечание к табл. 6-33. [1]) Принято, что объемный состав атмосферного азота следующий: азот 98,76%; аргон 1,19%; углекислота 0,04% и водород 0,01%.

Таблица 6-34. **Средние объемные теплоемкости c'_{pm} ккал/нм³·град некоторых газов при постоянном давлении**

(М. П. Вукалович и др., Термодинамические свойства газов, М., 1953.)

t, °C	N_2	N_2[1] (атмосф.)	O	O_2	C	CO	CO_2	Воздух	H_2	OH	H_2O	NO	N_2O	SO_2
0	0,3102	0,3092	0,2352	0,3119	0,2261	0,3103	0,3821	0,3098	0,3049	0,3196	0,3569	0,3194	0,3991	0,414
100	0,3106	0,3095	0,2322	0,3147	0,2220	0,3109	0,4061	0,3106	0,3083	0,3171	0,3595	0,3187	0,4232	0,433
200	0,3114	0,3104	0,2305	0,3189	0,2219	0,3122	0,4269	0,3122	0,3098	0,3159	0,3636	0,3197	0,4441	0,451
300	0,3131	0,3121	0,2289	0,3239	0,2218	0,3145	0,4449	0,3146	0,3103	0,3154	0,3684	0,3221	0,4621	0,467
400	0,3154	0,3144	0,2279	0,3290	0,2218	0,3174	0,4609	0,3174	0,3110	0,3152	0,3739	0,3253	0,4780	0,482
500	0,3182	0,3171	0,2271	0,3339	0,2217	0,3207	0,4750	0,3207	0,3117	0,3155	0,3797	0,3289	0,4921	0,494
600	0,3213	0,3201	0,2265	0,3394	0,2217	0,3242	0,4875	0,3240	0,3124	0,3162	0,3857	0,3226	0,5050	0,505
700	0,3245	0,3233	0,2260	0,3426	0,2217	0,3277	0,4988	0,3274	0,3134	0,3172	0,3920	0,3362	0,5165	0,514
800	0,3276	0,3265	0,2256	0,3463	0,2217	0,3311	0,5090	0,3306	0,3145	0,3186	0,3984	0,3396	0,5270	0,521
900	0,3307	0,3295	0,2253	0,3498	0,2216	0,3343	0,5181	0,3338	0,3159	0,3202	0,4050	0,3428	0,5363	0,529
1000	0,3337	0,3324	0,2250	0,3529	0,2216	0,3374	0,5263	0,3367	0,3174	0,3220	0,4115	0,3458	0,5449	0,534
1100	0,3365	0,3352	0,2248	0,3557	0,2216	0,3403	0,5338	0,3395	0,3191	0,3240	0,4180	0,3486	0,5527	0,540
1200	0,3392	0,3378	0,2245	0,3584	0,2216	0,3430	0,5407	0,3422	0,3208	0,3261	0,4244	0,3512	—	0,544
1300	0,3417	0,3404	0,2244	0,3608	0,2217	0,3455	0,5469	0,3447	0,3227	0,3281	0,4306	0,3536	—	—
1400	0,3441	0,3427	0,2242	0,3631	0,2217	0,3479	0,5526	0,3470	0,3246	0,3301	0,4366	0,3558	—	—
1500	0,3463	0,3449	0,2240	0,3653	0,2217	0,3501	0,5578	0,3492	0,3266	0,3321	0,4425	0,3578	—	—
1600	0,3484	0,3470	0,2239	0,3673	0,2218	0,3522	0,5626	0,3513	0,3285	0,3341	0,4481	0,3598	—	—
1700	0,3504	0,3490	0,2238	0,3693	0,2218	0,3541	0,5671	0,3532	0,3304	0,3361	0,4537	0,3616	—	—
1800	0,3522	0,3508	0,2237	0,3712	0,2220	0,3559	0,5712	0,3551	0,3324	0,3380	0,4589	0,3632	—	—
1900	0,3540	0,3525	0,2236	0,3700	0,2220	0,3576	0,5750	0,3568	0,3343	0,3399	0,4639	0,3648	—	—
2000	0,3556	0,3541	0,2235	0,3748	0,2221	0,3592	0,5785	0,3585	0,3362	0,3418	0,4688	0,3662	—	—
2100	0,3572	0,3557	0,2234	0,3764	0,2223	0,3607	0,5818	0,3600	0,3380	0,3436	0,4735	0,3676	—	—
2200	0,3587	0,3571	0,2234	0,3781	0,2224	0,3621	0,5848	0,3615	0,3398	0,3454	0,4779	0,3689	—	—
2300	0,3600	0,3585	0,2233	0,3797	0,2226	0,3634	0,5876	0,3629	0,3416	0,3471	0,4822	0,3701	—	—
2400	0,3613	0,3598	0,2233	0,3813	0,2228	0,3647	0,5902	0,3643	0,3433	0,3488	0,4864	0,3712	—	—
2500	0,3625	0,3610	0,2233	0,3828	0,2230	0,3659	0,5926	0,3655	0,3451	0,3504	0,4903	0,3723	—	—

Примечание к табл. 6-34. [1]) Принято, что объемный состав атмосферного азота следующий: азот 98,76%; аргон 1,19%; углекислота 0,4% и водород 0,01%.

§ 6-5. Физические параметры углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания *)

Таблица 6-35. **Энтальпия i ккал/нм³ углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания**

t, °C	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_2H_4	C_2H_2	C_2H_5OH	C_6H_6	Доменный газ	Саратовский газ	Дагестанский газ	Продукты сгорания при $\alpha = 1$: доменного газа	саратовского газа	дагестанского газа	бензина
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	39,22	59,59	83,83	49,25	48,88	82,36	95,34	32,03	40,0	47,6	54,2	353	428	32,9
200	84,02	132,5	189,4	109,0	103,4	178,8	220,7	64,7	85,7	103,3	100,2	710	865	66,6
300	135,1	218,1	313,0	178,0	162,0	289,2	372,6	98,1	137,9	167	168	1077	1313	101,1
400	192,6	316,1	454,7	256,6	223,9	411,2	545,2	132,4	196	239	228	1454	1770	136,4
500	255,6	424,2	608,3	341,9	288,6	543,4	734,5	168	261	318	289	1840	2240	173
600	324,0	541,4	778,4	433,6	355,7	685,0	938,8	204	330	404	352	2240	2730	211
700	397,4	666,5	956,9	530,0	425,2	833,8	1154	240	405	495	417	2650	3230	249
800	476,6	798,9	1144	632,1	496,7	989,7	1380	278	485	592	483	3060	3730	288
900	559,4	937,6	1339	737,6	570,1	1152	1614	316	569	694	550	3490	4250	328
1000	644,7	1082	1543	347,2	645,1	1318	1856	355	655	799	618	3920	4780	368
1100	732,0	1231	1754	960,4	721,7	1490	2104	—	—	—	—	—	—	409
1200	820,6	1383	1972	1075,6	799,7	1665	2356	—	—	—	—	—	—	451

*) Данные, приведенные в этом параграфе, взяты из книги: М. П. Вукалович и др., Термодинамические свойства газов, М., 1953.

Таблица 6-36. Истинные объемные теплоемкости c'_p *ккал/нм³ · град* углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания при постоянном давлении

t, °C	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_2H_4	C_2H_2	C_2H_5OH	C_6H_6	Доменный газ	Саратовский газ	Дагестанский газ	Продукты сгорания при $\alpha=1$: доменного газа	саратовского газа	дагестанского газа	бензина
0	0,3702	0,5278	0,7281	0,4363	0,4466	0,7468	0,7852	0,317	0,377	0,439	0,532	3,48	4,24	0,325
100	0,4186	0,6625	0,9476	0,5461	0,5189	0,8972	1,1113	0,323	0,427	0,515	0,551	3,55	4,32	0,333
200	0,4798	0,7978	1,1550	0,6505	0,5670	1,0386	1,3951	0,330	0,490	0,600	0,570	3,63	4,42	0,341
300	0,5428	0,9195	1,3317	0,7406	0,6032	1,1644	1,6284	0,339	0,553	0,681	0,588	3,72	4,54	0,350
400	0,6038	1,0297	1,4852	0,8178	0,6331	1,2742	1,8167	0,347	0,614	0,756	0,606	3,82	4,66	0,360
500	0,6591	1,1274	1,6204	0,8842	0,6593	1,3696	1,9719	0,356	0,670	0,824	0,623	3,92	4,79	0,369
600	0,7099	1,2134	1,7373	0,9427	0,6828	1,4540	2,1009	0,364	0,721	0,885	0,639	4,02	4,91	0,379
700	0,7558	1,2887	1,8399	0,9940	0,7044	1,5271	2,2102	0,372	0,767	0,939	0,653	4,12	5,02	0,387
800	0,7965	1,3507	1,9228	1,0382	0,7241	1,5918	2,3030	0,378	0,807	0,986	0,666	4,20	5,13	0,395
900	0,8329	1,4062	1,9969	1,0774	0,7420	1,6485	2,3815	0,384	0,843	1,028	0,676	4,28	5,22	0,402
1000	0,8652	1,4572	2,0647	1,1122	0,7583	1,6976	2,4493	0,389	0,876	1,065	0,686	4,35	5,31	0,408
1100	0,8934	1,5036	2,1267	1,421	0,7729	1,7399	2,5077	—	—	—	—	—	—	0,414
1200	0,9175	1,5455	2,825	1,1684	0,7860	1,7770	2,5577	—	—	—	—	—	—	0,418

Таблица 6-37. **Средние объемные теплоемкости c'_{pm} ккал/нм³ · град углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания при постоянном давлении**

t, °C	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_2H_4	C_2H_2	C_2H_5OH	C_6H_6	Доменный газ	Саратовский газ	Дагестанский газ	Продукты сгорания при $\alpha=1$			
											доменного газа	саратовского газа	дагестанского газа	бензина
0	0,3702	0,5278	0,7281	0,4363	0,4466	0,7468	0,7852	0,317	0,377	0,439	0,532	3,49	4,24	0,325
100	0,3922	0,5959	0,8383	0,4925	0,4888	0,8236	0,9434	0,320	0,400	0,476	0,542	3,51	4,28	0,329
200	0,4201	0,6627	0,9471	0,5452	0,5170	0,8941	1,1033	0,323	0,429	0,516	0,551	3,55	4,32	0,333
300	0,4505	0,7271	1,0435	0,5960	0,5400	0,9641	1,2420	0,327	0,460	0,558	0,560	3,59	4,38	0,337
400	0,4814	0,7902	1,1368	0,6415	0,5598	1,0279	1,3629	0,331	0,491	0,598	0,569	3,64	4,43	0,341
500	0,5112	0,8485	1,2166	0,6839	0,5771	1,0868	1,4691	0,335	0,521	0,636	0,578	3,68	4,49	0,346
600	0,5400	0,9023	1,2974	0,7227	0,5929	1,1417	1,5646	0,339	0,550	0,673	0,587	3,73	4,55	0,351
700	0,5677	0,9521	1,3670	0,7571	0,6074	1,1912	1,6489	0,343	0,578	0,707	0,596	3,78	4,61	0,355
800	0,5957	0,9986	1,4303	0,7901	0,6209	1,2371	1,7248	0,347	0,606	0,740	0,604	3,83	4,67	0,360
900	0,6216	1,0418	1,4883	0,8196	0,6334	1,2795	1,7935	0,351	0,632	0,771	0,611	3,87	4,72	0,364
1000	0,6447	1,0818	1,5434	0,8472	0,6451	1,3179	1,8589	0,355	0,655	0,799	0,618	3,92	4,78	0,368
1100	0,6655	1,1187	1,5949	0,8731	0,6561	1,3545	1,9126	—	—	—	—	—	—	0,372
1200	0,6838	1,1525	1,6436	0,8963	0,6664	1,3875	1,9634	—	—	—	—	—	—	0,376

Глава 6-2

ТЕРМОДИНАМИКА

§ 6-6. Уравнения состояний газов

Уравнение состояния идеальных газов для

1 килограмма	люб. кол-ва	1 *кг-моля*
$pv = RT;$	$pV = GRT;$	$pV_\mu = \mu RT.$ (6-1)

Здесь T — температура в абсолютной шкале: $T = 273{,}15 + t$ °C.

Универсальная газовая постоянная

$$\mu R = kN_A \cdot 10^3 = 847{,}4 \ кГм/моль \cdot град,$$

k — постоянная Больцмана: $k = 1{,}37 \cdot 10^{-16}$ *эрг/град*, $N_A = 6{,}0228 \cdot 10^{23}$ — число Авогадро.

Величины газовой постоянной $R = \frac{\mu R}{\mu}$ *кГм/кг·град* для 1 *кг* различных газов приведены в таблице 6-38.

Удельный объем v *м³/кГ* и удельный вес γ *кГ/м³* связаны соотношением $v = \frac{1}{\gamma}$ *м³/кГ*. Молярный объем $v_\mu = \mu v = \frac{\mu}{\gamma}$ *м³/моль*.

В одном килограмм-моле любого вещества содержится $N_A \cdot 10^3$ молекул. Среднее число молекул в единице объема вещества

$$n = \frac{\gamma}{\mu} N_A \cdot 10^3 = \frac{N_A \cdot 10^3}{\mu v}.$$

Связь между средней кинетической энергией поступательного движения молекул $\frac{m\overline{w}^2}{2}$ и абсолютной температурой T тела: $\frac{m\overline{w}^2}{2} = \frac{3}{2} kT.$

Уравнения состояний реальных газов получаются умножением правой части уравнений (6-1) на коэффициент сжимаемости α. Для разреженных реальных газов $\alpha \approx 1$; при значительных плотностях и сравнительно высоких температурах

$$\alpha = \frac{pv}{RT} = \frac{1}{1 - \frac{b}{v}} - \frac{a}{RTv}$$

и уравнения состояний реальных газов *(уравнения Ван-дер-Ваальса)* принимают вид

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT; \quad \left(p + \frac{aG^2}{V^2}\right)(V - bG) = GRT;$$

$$\left(p + \frac{a_\mu}{V_\mu^2}\right)(V_\mu - b_\mu) = \mu RT, \qquad (6\text{-}2)$$

где

$$a = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_{кр}^2}{p_{кр}}; \quad b = \frac{1}{8} R \frac{T_{кр}}{p_{кр}}.$$

Таблица 6-38. **Характеристические величины для газов**

Газ	Химическая формула	Молекулярный вес μ, *кг/моль*	Удельный вес γ_0 [1], $\frac{кГ}{нм^3}$	Газовая постоянная R, $\frac{кГм}{кг \cdot град}$	AR, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	Коэффициенты в формулах (6-2)		$p_{кр}$, $\frac{кГ}{см^2}$	$t_{кр}$, °C
						$a \cdot 10^6$	$b \cdot 10^4$		
Азот	N_2	28,016	1,250	30,25	0,0709	68,73	15,95	34,6	—147,2
Аммиак	NH_3	17,03	0,771	49,76	0,1167	129,5	21,90	115,2	132,4
Аргон	Ar	39,94	1,784	21,21	0,0497	17,69	8,08	49,6	—122,0
Ацетилен	C_2H_2	26,04	1,162	32,54	0,0763	104,0	19,62	64,1	36,0
Бензол	C_6H_6	78,11	3,485	10,85	0,0254	58,78	14,75	51,8	290,5
Водород	H_2	2,016	0,090	420,35	0,9361	47,15	13,22	13,2	—240
Водяной пар	H_2O	18,016	0,804	47,03	0,1102	76,82	16,87	225,6	374,2
Воздух сухой	—	28,97	1,293	29,26	0,0686	42,97	12,62	38,4	—140,7
Гелий	He	4,003	0,178	21,17	0,0496	9,79	6,02	2,33	—267,9
Двуокись углерода	CO_2	44,010	1,963	19,25	0,0452	25,46	9,71	75,4	31,1
Дейтерий	D_2O	20,034	0,848	42,27	0,099	—	—	225,8	371,5
Закись азота	N_2O	44,020	1,964	19,25	0,0451	27,32	10,06	74,1	36,5
Кислород	O_2	32,000	1,428	26,48	0,0621	26,66	9,94	51,4	—118,9
Ксенон	Xe	131,3	5,89	6,45	0,0151	4,11	3,90	59,9	16,6
Метан	CH_4	16,04	0,716	52,84	0,1239	129,2	26,68	47,3	—82,1
Окись азота	NO	30,008	1,339	28,24	0,0662	24,58	9,54	66,7	—92,9
Окись углерода	CO	28,01	1,250	30,25	0,0709	54,79	14,25	35,7	—138,7
Пропан	C_3H_8	44,09	1,967	19,23	0,0451	113,3	20,48	43,4	96,8
Сернистый ангидрид	SO_2	64,066	2,858	13,23	0,0130	21,21	8,86	80,3	157,2
Серный ангидрид	SO_3	80,06	3,575	10,59	0,0248	15,22	7,51	86,6	218,2
Сероводород	H_2S	34,08	1,539	24,87	0,0583	43,20	12,65	91,8	100,4
Фреон 12	CF_2Cl_2	120,92	5,51	7,00	0,0164	19,15	8,42	40,0	111,5
Фреон 13	CF_3Cl	104,47	5,11	7,40	0,0174	13,59	7,09	39,4	28,75
Этан	C_2H_6	30,07	1,342	28,18	0,0661	126,1	21,60	49,8	32,3
Этилен	C_2H_4	28,05	1,251	30,21	0,0708	112,2	20,38	52,4	9,6
Этиловый спирт	C_2H_5OH	46,07	2,055	18,39	0,0431	89,62	18,22	65,2	243,5

Примечание к табл. 6-38. [1]) γ_0 при $t = 0°$ С и $p = 760$ *мм* рт. ст.

Приведенное уравнение состояния

$$\left(\pi + \frac{3}{\varphi^2}\right)(3\varphi - 1) = 8\tau,$$

где

$$\pi = \frac{p}{p_{кр}}; \quad \varphi = \frac{v}{v_{кр}} \quad \text{и} \quad \tau = \frac{T}{T_{кр}}.$$

Значения величин a и b даны в табл. 6-38.

Уравнение состояния перегретого пара *(Вукаловича—Новикова)*

$$\left(p + \frac{63{,}2}{v^2}\right)(v - 9 \cdot 10^{-4}) = RT\left(1 - \frac{405000}{vT^{3{,}408}}\right).$$

§ 6-7. Три начала термодинамики

Первое начало термодинамики — частный случай закона сохранения и превращения энергии в применении к процессам, сопровождающимся совершением работы и выделением или поглощением теплоты. Из этого начала следует, что теплота может быть превращена в механическую работу и, обратно, работа может быть преобразована в теплоту, причем во всех случаях определенное количество теплоты эквивалентно определенному количеству работы.

Механический эквивалент единицы теплоты $J = \frac{1}{A} = 426{,}45$ *кГм/ккал*.

Тепловой эквивалент единицы работы $A = \frac{1}{426{,}45} = 2{,}344 \cdot 10^{-3}$ *ккал/кГм*.

Механическая работа $L = \frac{Q}{A} = EQ$. Аналитическое выражение первого начала термодинамики

$$E_2 - E_1 = Q - L,$$

где E_1 и E_2 — полные энергии системы в начальном и конечном состояниях. В замкнутом круговом процессе $E_1 = E_2$ и $Q = L$.

Полную энергию системы можно представить в виде суммы трех членов $E = E_{кин} + E_{пот} + U$, где $E_{кин}$ и $E_{пот}$ — кинетическая и потенциальная энергии системы как целого, а U — ее внутренняя энергия, являющаяся при термодинамическом равновесии функцией внешних параметров и температуры. Если $E_{кин} = E_{пот} = 0$ (тело находится в покое и внешние поля на него не действуют), то $E = U$.

Второе начало термодинамики утверждает, что невозможно осуществить процесс, единственным результатом которого было бы превращение теплоты в работу. Отсюда следует, что невозможно построить такой двигатель, который произвел бы положительную работу за счет охлаждения только одного тела без каких-либо других изменений в рабочей системе или окружающих телах.

Согласно *третьему началу термодинамики* вблизи абсолютного нуля все термодинамические величины, характеризующие равновесное состояние тела, перестают зависеть от температуры. Следовательно, частные производные по температуре от любой термодинамической функции (энтропии, внутренней энергии, энтальпии и др.), а также от давления и объема при $T = 0$ обращаются в нуль.

§ 6-8. Процессы изменения состояния тела

Изотермический ($T=\text{const}$). Уравнение изотермы $pV=\text{const}=GRT$. Работа, совершаемая телом, $L_T = GRT \ln (V_2/V_1)$ [*кГм*].

Изобарический ($p = \text{const}$). Уравнение изобары

$$\frac{V}{T} = \text{const} = \frac{GR}{p}. \qquad L_p = p(V_2 - V_1) \text{ [кГм]}.$$

Изохорический ($V = \text{const}$). Уравнение изохоры $\frac{p}{T} = \text{const}$. $L_v = 0$.

Адиабатический. Уравнение адиабаты $pV^k = \text{const}$, где $k = \frac{c_p}{c_v}$.

При адиабатическом процессе не происходит обмена теплом между окружающей средой и телом. Работа при адиабатическом процессе

$$L = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV.$$

Для идеального газа $L_{\text{ад}} = \frac{1}{k-1} GR(T_1 - T_2) = c_v G(T_1 - T_2) = \frac{1}{k-1}(p_1V_1 - p_2V_2) = \frac{p_1V_1}{k-1}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$ [*кГм*].

Политропический. Уравнение политропы $pV^n = \text{const}$, где показатель политропы

$$n = \frac{c_p - c_x}{c_v - c_x}; \quad c_x = \frac{C_x}{G}; \quad C_x = C_v + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_x.$$

Для идеального газа, теплоемкость которого постоянна, работа при политропическом процессе выражается формулой

$$L_{\text{п}} = \frac{GR}{n-1}(T_1 - T_2) = \frac{1}{n-1}(p_1V_1 - p_2V_2) = \frac{p_1V_1}{n-1}\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \text{ [кГм]}.$$

Количество тепла, поглощаемого 1 *кг* тела при политропическом процессе, $q_{\text{п}} = c_{\text{п}}(T_2 - T_1)$ *ккал/кг*.

Для идеального газа $q_{\text{п}} = c_v \frac{n-k}{n-1}(T_2 - T_1)$ *ккал/кг*. При $n > k$ политропическое расширение характеризуется выделением тепла ($q_{\text{п}} < 0$); при $1 < n < k$ — поглощением тепла ($q_{\text{п}} > 0$) и при $n = k$ — отсутствием теплообмена ($q_{\text{п}} = 0$). Всякий действительный процесс изменения состояния тела может быть представлен в виде ряда политропических процессов, для каждого из которых теплоемкость постоянна.

Фазовые переходы. Тепловой эффект при изменении агрегатного состояния (фазовом переходе первого рода) называют скрытой теплотой перехода (испарения и конденсации, плавления и затвердевания).

Скрытая теплота фазового превращения равна разности энтальпий обеих фаз, или разности энтропий обеих фаз, помноженной на абсолютную температуру, при которой совершается переход:

$$r = i'' - i' = T(s'' - s').$$

При этом $\frac{dp}{dT} = \frac{r}{T(v'' - v')}$. Последнее уравнение носит название *уравнения Клапейрона — Клаузиуса*. В нем под разностью $(v'' - v')$ понимается разность соответствующих конечного и начального объемов.

Сжатие газов. Работа, необходимая для сжатия идеального газа:

а) в неохлаждаемом компрессоре

$$l_{\text{ад. ид}} = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] [кГм/кг],$$

б) в охлаждаемом компрессоре

$$l_{\text{из. ид}} = \frac{1}{A} \left\{ c_p T_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] + q_{\text{дейст}} \right\} [кГм/кг],$$

где $q_{\text{дейст}}$ — количество отводимого от компрессора тепла, *ккал/кг*.

Для реальных газов

$$l_{\text{ад}} = \left(\mu_T \frac{c_p}{c_{v\,\text{ид}}} \frac{}{k} \right) l_{\text{ад. ид}} [кГм/кг], \qquad l_{\text{из}} = \mu_T l_{\text{из. ид}} [кГм/кг].$$

Величина μ_T для различных газов при разных давлениях и температурах имеет следующие значения:

Газ	t, °С	μ_T при p, *атм*:						
		100	200	300	400	600	800	1000
N_2	25	0,972	0,906	0,823	0,788	0,750	0,730	0,774
	100	0,984	0,960	0,921	0,897	0,862	0,839	0,859
	200	0,993	0,985	0,974	0,960	0,933	0,921	0,926
H_2	25	0,997	0,993	0,992	0,992	0,993	1,000	1,010
	100	0,998	0,996	0,999	1,000	1,003	1,010	1,021
	200	0,999	9,998	1,001	1,003	1,010	1,014	1,027
CO	25	0,971	0,883	0,820	0,763	0,729	0,730	0,775
	100	0,997	0,954	0,915	0,875	0,842	0,838	0,858
	200	0,995	0,983	0,966	0,947	0,925	—	0,928
CH_4	25	0,963	0,734	0,542	0,526	0,496	0,520	0,573
	100	0,970	0,898	0,810	0,736	0,676	0,656	0,694
	200	1.0	0,946	—	0,901	0,918	—	—

Работа компрессора слагается из работы сжатия и работы проталкивания $l_{\text{компр}} = (p_2 v_2 - p_1 v_1) + l$ [*кГм/кг*].

§ 6-9. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики

Энтропия s. Энтропия является однозначной функцией состояния системы и определяется двумя независимыми параметрами системы (p и v, p и T или T и v) с точностью до произвольной постоянной, не имеющей физического смысла и зависящей от выбора начального состояния. Энтропия сложной системы равна сумме энтропий ее независимых частей.

При обратимом бесконечно малом изменении состояния системы изменение ее энтропии $ds = \frac{dq}{T}$. Отсюда следует, что тепловой эффект изотермического процесса ($T = \text{const}$) равен $q = T(s_2 - s_1)$. Для замкнутого обратимого процесса

$$\oint \frac{dq}{T} = 0.$$

В случае обратимого адиабатического процесса $dq = 0$ и энтропия системы, совершающей этот процесс, остается неизменной.

Для необратимого процесса

$$\frac{dq}{T} < ds,$$

т. е. энтропия возрастает без какой-либо передачи тепла.

Энтропия 1 *кг* идеального газа определяется формулой

$$s = (c_v \ln T + R \ln v) + \text{const} \ [\text{ккал/кг} \cdot \text{град}].$$

Внутренняя энергия u: $du = Tds - Apdv$. Тепловой эффект изохорического процесса ($v = \text{const}$) равен разности внутренних энергий в конечном и начальном состояниях:

$$q_v = u_2 - u_1.$$

Энтальпия $i = u + pv$; $di = Tds + Avdp$. Тепловой эффект изобарического процесса ($p = \text{const}$) равен разности энтальпий в конечном и начальном состояниях:

$$q_p = u_2 - u_1 + p(v_2 - v_1) = i_2 - i_1.$$

Свободная энергия $F = u - Ts$.

$$dF = du - (Tds + sdT) = -(sdT + Apdv).$$

Максимальная работа, которую может совершить система при обратимом изотермическом процессе, равна убыли ее свободной энергии

$$L_{\text{макс}} = F_1 - F_2.$$

Термодинамический потенциал $\Phi = u - Ts + pv$; $d\Phi = di - (Tds + sdT)$. Максимальная полезная работа, которую может совершить неоднородная система при обратимом изотермическом процессе, равняется убыли термодинамического потенциала системы:

$$L_{\text{макс}} = \Phi_1 - \Phi_2.$$

Таблица 6-39. **Дифференциальные уравнения термодинамики**

	Независимые переменные		
	T и v	T и p	p и v
dq	$c_v dT + AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v dv$	$c_p dT - AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dp$	$c_p\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p dv + c_v\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v dp$
ds	$c_v \frac{dT}{T} + A\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v dv$	$c_p \frac{dT}{T} - A\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dp$	$\frac{c_p}{T}\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p dv + \frac{c_v}{T}\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v dp$
du	$c_v dT + \left[AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - Ap\right] dv$	—	$\left[c_p\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p - Ap\right] dv + c_v\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v dp$
di	—	$c_p dT + \left[Av - AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p\right] dp$	$c_p\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p dv + \left[c_v\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_v + Av\right] dp$
	Для идеального газа ($pv = RT$)		
dq	$c_v dT + Ap\,dv$	$c_p dT - Av\,dp$	$\frac{c_p}{R} p\,dv + \frac{c_v}{R} v\,dp$
ds	$c_v \frac{dT}{T} + AR\frac{dv}{v}$	$c_p \frac{dT}{T} - AR\frac{dp}{p}$	$c_p \frac{dv}{v} + c_v \frac{dp}{p}$
du	$c_v dT$	—	$\frac{c_v}{R} v\,dp + \left(\frac{c_p}{R} p - Ap\right) dv$
di	—	$c_p dT$	$\frac{c_p}{R} p\,dv + \left(\frac{c_v}{R} v + Av\right) dp$

§ 6-10. Теплоемкость газов

Истинная теплоемкость при $v = \text{const}$

$$c_v = \left(\frac{\partial q}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v.$$

Истинная теплоемкость при $p = \text{const}$

$$c_p = \left(\frac{\partial q}{\partial T}\right)_p = c_v + \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right).$$

Средняя теплоемкость

$$c_{vm}\Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} c_v\,dt \quad \text{и} \quad c_{pm}\Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} c_p\,dt.$$

Молярная теплоемкость $(\mu c) = c \cdot \mu = c' v_0 \mu = 22{,}41c'$ *ккал/моль·град.*

Весовая теплоемкость $c = \dfrac{(\mu c)}{\mu} = c' v_0 = \dfrac{c'}{\gamma_0}$ *ккал/кг·град.*

Объемная теплоемкость $c' = c\gamma_0 = \dfrac{(\mu c)\,\gamma_0}{\mu} = \dfrac{\mu c}{22{,}41}$ *ккал/нм³·град.*

Для идеального газа теплоемкость при постоянном объеме $(\mu c_v) = (\mu c_p) - A\mu R = (\mu c_p) - 1{,}986$; $c_v = c_p - AR$; $c'_v = c'_p - AR\gamma_0$. Значения AR указаны в табл. 6-38, значение же $AR\gamma_0$ для большинства газов равно 0,0887 *ккал/нм³·град.*

В приведенных выражениях через γ_0 и v_0 обозначены удельные вес и объем газа при нормальных условиях, т. е. при 0° С и 760 *мм* рт. ст. Для идеального одноатомного газа теплоемкость не зависит от давления и температуры и равна $(\mu c_v) = 2{,}978$ *ккал/моль·град.*

Объемная теплоемкость газовой смеси

$$c'_{\text{см}} = \frac{c'_1 V_1 + c'_2 V_2 + \ldots + c'_n V_n}{100} \text{ ккал/нм}^3 \cdot \text{град.}$$

Весовая теплоемкость газовой смеси

$$c_{\text{см}} = \frac{c_1 G_1 + c_2 G_2 + \ldots + c_n G_n}{100} \text{ ккал/кг·град.}$$

Здесь V_1, V_2, ..., V_n и G_1, G_2, ..., G_n — объемы и веса компонентов газовой смеси в процентах.

Средняя теплоемкость в интервале температур $t_1 \div t_2$ определяется по таблицам, содержащим средние теплоемкости в интервале температур от 0 до t, по формулам:

$$c_{vm}\Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_{vm}\Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{vm}\Big|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1} \quad \text{и} \quad c_{pm}\Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{c_{vm}\Big|_0^{t_2} \cdot t_2 - c_{pm}\Big|_0^{t_1} \cdot t_1}{t_2 - t_1}.$$

Таблица 6-40. Эмпирические выражения для определения истинных теплоемкостей газов c_p и c'_p

Газ	t	Весовая теплоемкость c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	Объемная теплоемкость c'_p, $\frac{ккал}{нм^3 \cdot град}$
O_2	0 ÷ 1000	$0{,}2164 + 81{,}3 \cdot 10^{-6}t - 29{,}3 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3090 + 116{,}2 \cdot 10^{-6}t - 41{,}9 \cdot 10^{-9}t^2$
N_2	0 ÷ 1000	$0{,}2458 + 34{,}6 \cdot 10^{-6}t + 11{,}7 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3073 + 43{,}3 \cdot 10^{-6}t + 14{,}6 \cdot 10^{-9}t^2$
H_2	0 ÷ 1500	$3{,}396 + 177{,}2 \cdot 10^{-6}t + 138{,}1 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3054 + 15{,}9 \cdot 10^{-6}t + 12{,}4 \cdot 10^{-9}t^2$
CO	0 ÷ 1000	$0{,}2456 + 46{,}8 \cdot 10^{-6}t + 3{,}4 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3070 + 58{,}4 \cdot 10^{-6}t + 4{,}3 \cdot 10^{-9}t^2$
CO_2	0 ÷ 1500	$0{,}2016 + 176{,}8 \cdot 10^{-6}t - 65{,}4 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3958 + 347{,}2 \cdot 10^{-6}t - 128{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$
NO	0 ÷ 1000	$0{,}2350 + 47{,}2 \cdot 10^{-6}t - 0{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3147 + 63{,}2 \cdot 10^{-6}t - 0{,}67 \cdot 10^{-9}t^2$
N_2O	0 ÷ 1100	$0{,}2069 + 199{,}2 \cdot 10^{-6}t - 87{,}2 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}4063 + 391{,}3 \cdot 10^{-6}t - 171{,}2 \cdot 10^{-9}t^2$
SO_2	0 ÷ 1200	$0{,}1480 + 114{,}1 \cdot 10^{-6}t - 54{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}4229 + 326{,}2 \cdot 10^{-6}t - 154{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$
Воздух	0 ÷ 1000	$0{,}2373 + 45{,}7 \cdot 10^{-6}t + 1{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3067 + 59{,}0 \cdot 10^{-6}t + 1{,}97 \cdot 10^{-9}t^2$

Таблица 6-41. Эмпирические выражения для определения средних теплоемкостей газов c_{pm} и c'_{pm}

Газ	t	Весовая теплоемкость c_{pm}, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$	Объемная теплоемкость c'_{pm}, $\frac{ккал}{нм^3 \cdot град}$
O_2	0 ÷ 1000	$0{,}2173 + 35{,}0 \cdot 10^{-6}t - 4{,}6 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3103 + 50{,}0 \cdot 10^{-6}t - 6{,}6 \cdot 10^{-9}t^2$
N_2	0 ÷ 1000	$0{,}2476 + 80 \cdot 10^{-6}t + 12{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3095 + 10{,}1 \cdot 10^{-6}t + 15{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$
H_2	0 ÷ 1500	$3{,}420 + 72{,}0 \cdot 10^{-6}t + 46{,}9 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3076 + 6{,}5 \cdot 10^{-6}t + 4{,}2 \cdot 10^{-9}t^2$
CO	0 ÷ 1000	$0{,}2475 + 13{,}3 \cdot 10^{-6}t + 9{,}6 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3093 + 16{,}6 \cdot 10^{-6}t + 12{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$
CO_2	0 ÷ 1500	$0{,}1972 + 104{,}8 \cdot 10^{-6}t - 31{,}4 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3874 + 205{,}7 \cdot 10^{-6}t - 61{,}7 \cdot 10^{-9}t^2$
NO	0 ÷ 1000	$0{,}2372 + 10{,}8 \cdot 10^{-6}t + 11{,}2 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3177 + 14{,}5 \cdot 10^{-6}t + 15{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$
N_2O	0 ÷ 1100	$0{,}2046 + 111{,}4 \cdot 10^{-6}t - 38{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}4018 + 218{,}7 \cdot 10^{-6}t - 75{,}6 \cdot 10^{-9}t^2$
SO_2	0 ÷ 1200	$0{,}1453 + 67{,}1 \cdot 10^{-6}t - 25{,}0 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}4153 + 191{,}8 \cdot 10^{-6}t - 71{,}4 \cdot 10^{-9}t^2$
Воздух	0 ÷ 1000	$0{,}2388 + 15{,}0 \cdot 10^{-6}t + 7{,}3 \cdot 10^{-9}t^2$	$0{,}3087 + 19{,}4 \cdot 10^{-6}t + 9{,}5 \cdot 10^{-9}t^2$

§ 6-11. Теплопроводность и динамическая вязкость газов

Коэффициент теплопроводности газов

$$\lambda = \lambda_0 \left(\frac{t+273}{273}\right)^n \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}.$$

Коэффициент теплопроводности газовой смеси

$$\lambda_{см} = \frac{\lambda_1 V_1 + \lambda_2 V_2 + \ldots + \lambda_n V_n}{100} \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}.$$

Коэффициент динамической вязкости газов

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{t+273}{273}\right)^m \text{ кГ} \cdot \text{сек/м}^2.$$

Коэффициент динамической вязкости газовой смеси

$$\mu_{см} = \frac{100}{\frac{V_1}{\mu_1} + \frac{V_2}{\mu_2} + \ldots + \frac{V_n}{\mu_n}} \text{ кГ} \cdot \text{сек/м}^2,$$

где V_1, V_2, ..., V_n — объемы компонентов газовой смеси в процентах. Входящие в приведенные формулы постоянные λ_0, μ_0, n и m имеют для различных газов следующие значения:

Газ	$\lambda_0 \cdot 10^2$	n	$\mu_0 \cdot 10^6$	m
Азот	2,18	0,80	1,70	0,68
Аммиак	1,81	1,53	0,954	1,06
Аргон	1,42	0,80	2,16	0,72
Водород	14,8	0,78	0,852	0,678
Воздух	2,10	0,82	1,75	0,683
Гелий	12,26	0,73	0,535	1,05
Двуокись серы	—	—	1,23	0,912
Двуокись углерода	1,28	1,23	1,43	0,82
Кислород	2,11	0,87	1,98	0,693
Криптон	0,764	0,86	2,39	0,83
Ксенон	0,45	0,91	2,15	0,89
Метан	2,64	1,33	1,03	0,76
Метиловый спирт	1,10	1,72	0,901	1,04
Неон	3,99	0,71	3,03	0,65
Окись углерода	2,00	0,80	1,69	0,695
Пропан	1,31	1,77	0,765	0,92
Этан	1,63	1,67	0,877	0,90
Этиловый спирт	1,11	1,82	0,800	1,02

§ 6-12. Термические коэффициенты

Коэффициент сжатия (изотермическая сжимаемость) тела

$$\beta_T = -\frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T.$$

Адиабатическая сжимаемость

$$\beta_s = -\frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_s = \frac{c_v}{c_p}\beta_T.$$

Коэффициент теплового расширения тела

$$\alpha = \frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p.$$

Температурный коэффициент давления

$$\gamma = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{1}{p}\frac{v_p}{v_T}\frac{\alpha}{\beta_T}.$$

§ 6-13. Свойства смесей идеальных газов

Общее давление смеси газов равно сумме парциальных давлений газов, составляющих смесь (*закон Дальтона*):

$$p = \sum_1^n p = \frac{T}{V}\sum_1^n GR = \frac{RT}{V}\mu\sum_1^n M.$$

Парциальное давление какого-либо газа равно общему давлению смеси, умноженному на молярную (или объемную, что то же) концентрацию этого газа в смеси $p_n = z_n p$, где $z_n = \frac{M_n}{\Sigma M}$.

Общий объем смеси газов равен сумме парциальных объемов газов, составляющих смесь (*закон Амага*). Парциальный объем какого-либо (n-го) газа равен общему объему смеси, умноженному на молярную (или объемную, что то же) концентрацию этого газа в смеси $V_n = z_n V$.

Соотношению аддитивности удовлетворяют все другие термодинамические функции газов (внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, теплоемкость и т. д.).

При смешении двух газов с весовыми концентрациями компонентов g_1 и g_2 в потоке энтальпия смеси

$$i_{см} = i_1 g_1 + i_2 g_2; \quad \frac{g_1}{g_2} = \frac{i_{см} - i_2}{i_1 - i_{см}}$$

и температура смеси

$$t_{см} = \frac{g_1 c_{p1} t_1 + g_2 c_{p2} t_2}{g_1 c_{p1} + g_2 c_{p2}}.$$

§ 6-14. Свойства двухфазной системы (жидкости и ее насыщенных паров)

Весовое паросодержание двухфазной смеси, или степень сухости пара

$$x = \frac{v_{см} - v'}{v'' - v'}.$$

Для двухфазной системы (и влажного пара)

$$v_{см} = (1 - x)\, v' + x v'' \ [м^3/кг],$$
$$u_{см} = (1 - x)\, u' + x u'' \ [ккал/кг],$$
$$s_{см} = (1 - x)\, s' + x s'' \ [ккал/кг \cdot град],$$
$$i_{см} = (1 - x)\, i' + x i'' \ [ккал/кг].$$

Скрытая теплота парообразования при $T \leqslant T_{кр}$:

$$r = \left[c'_p + c''_p (T_{кр} - T)\right] \sqrt{T_{кр} - T}.$$

Удельные объемы воды и насыщенного пара связаны следующим эмпирическим выражением: $\frac{1}{v'} + \frac{1}{v''} = \frac{2}{v_{кр}} + \lambda (T_{кр} - T)$, где $\lambda \approx 1{,}0$ для всех веществ.

§ 6-15. Течение газов и паров

Стационарное одномерное течение газа по каналу при пьезометрической высоте $h = \text{const}$ описывается уравнениями:

$$i + \frac{w^2}{2g} + l' - q = \text{const}; \quad \frac{wF}{v} = \text{const};$$

$$ds = \frac{dq + dq_{тр}}{T}; \quad p = p\,(v,\ T),$$

где l' — полезная работа, совершаемая газом; q — количество тепла, полученного газом извне; $q_{тр}$ — количество тепла, полученного газом в результате трения; F — сечение канала.

При адиабатическом (теплоизолированном) течении газа или жидкости сумма удельных энтальпий и кинетической энергии неизменны: $i + \frac{w^2}{2g} = \text{const}$. В частном случае адиабатического дросселирования, когда изменение кинетической энергии пренебрежимо мало, $i = \text{const}$.

Температура торможения $T_0 = T + \frac{k-1}{k} \frac{w^2}{2gR}$.

Скорость звука в газах $c = \sqrt{-gv^2 \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s}$ *м/сек*. Для идеального газа, когда $s = \text{const}$ и $\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s = -\frac{kRT}{v^2}$, $c = \sqrt{gkRT}$ *м/сек*.

Таблица 6-42. **Скорость звука в некоторых газах при $t = 15°$ С**

Газ	He	H_2	O_2	N_2	Воздух	CO_2
k	1,66	1,41	1,4	1,4	1,4	1,31
c, $\frac{м}{сек}$	1000	1320	323	347	342	273

$$\nu_{кр} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

— критическое отношение давлений $\frac{p_2}{p_1}$, при котором имеет место максимальный расход газа.

Критическая скорость истечения газа через суживающееся сопло представляет собой максимальную скорость, которая может быть достигнута при заданном начальном состоянии газа и равна скорости звука в сечении истечения.

Если начальная скорость w_1 идеального газа равна нулю, критическая скорость истечения $w_{кр} = a\sqrt{p_1 v_1}$ *м/сек*. Расход газа при критическом режиме $G_{кр} = b\sqrt{\frac{p_1}{v_1}}$ *кг/м²·сек*. Здесь $a = \sqrt{\frac{2gk}{k+1}}$ и $b = \sqrt{gk\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$.

Величины a, b и $\nu_{кр}$ для различных газов имеют следующие значения:

	Для одноатомных газов	Для двухатомных газов	Для трехатомных газов и перегретого пара при небольших p	Для сухого насыщенного пара (приближенно)
a	3,52	3,38	3,33	3,23
b	2,29	2,14	2,09	1,99
$\nu_{кр}$	0,489	0,528	0,548	0,577
Критический режим истечения имеет место, когда $p_{кр} \geq p_{внеш}$				

Для реальных газов скорость истечения определяется по адиабате $i_1 \rightarrow i_2$ из соотношений $w_2 = \varphi \sqrt{w_1^2 + 2g\,(i_2 - i_1)_{\text{ид}}}$ и $G = \frac{\varphi}{v_2} \sqrt{w_1^2 + 2g\,(i_1 - i_2)_{\text{ид}}}$, причем должно быть выполнено условие $w_2 \leqslant c$. Коэффициент скорости φ учитывает отличие действительного процесса, сопровождающегося трением, от идеального.

При истечении из расширяющегося сопла Лаваля

$$w = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \; м/сек;$$

площадь минимального сечения $f_{\text{мин}} = \frac{G v_{\text{кр}}}{w_{\text{кр}}}$ $м^2$; площадь выходного сечения $f = f_{\text{мин}} \frac{w_{\text{кр}} v_2}{w v_{\text{кр}}}$ $м^2$. Для двухатомных газов $f_{\text{мин}} = \frac{G}{2{,}15 \sqrt{\frac{p_1}{v_1}}}$ $м^2$ и для многоатомных $f_{\text{мин}} = \frac{G}{2{,}09 \sqrt{\frac{p_1}{v_1}}}$ $м^2$. Длина расширяющейся части сопла $l = \frac{d - d_{\text{мин}}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$ $м$, где угол конусности $\alpha = 10 \div 12°$.

При истечении пара из сужающегося сопла или сопла постоянного сечения:

при $\frac{p_2}{p_1} > \nu_{\text{кр}}$ $\quad w = 91{,}5 \sqrt{i_1 - i_2}$ и $G = \frac{91{,}5 f \sqrt{i_1 - i_2}}{v_2}$;

при $\frac{p_2}{p_1} \leqslant \nu_{\text{кр}}$ $\quad i_2$ и v_2 заменяются на $i_{\text{кр}}$ и $v_{\text{кр}}$.

Для расширяющегося сопла

$$f_{\text{мин}} = \frac{G v_{\text{кр}}}{91{,}5 \sqrt{i_1 - i_{\text{кр}}}} \quad \text{и} \quad f = \frac{G v_2}{91{,}5 \sqrt{i_1 - i_2}}.$$

§ 6-16. Цикл Карно и термический к. п. д. двигателя

Термический к. п. д. двигателя — отношение количества тепла, превращенного в работу, ко всему количеству подведенного тепла. Цикл Карно — обратимый цикл с двумя источниками тепла, включающий два изотермических и два адиабатических процесса, чередующихся друг с другом. Термический к. п. д. цикла Карно не зависит от природы рабочего тела и конструкции двигателя и является функцией только температур источников тепла. Он равен

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Термический к. п. д. необратимого, т. е. реального цикла, осуществленного между источниками тепла с температурами T_1 и T_2, всегда

меньше к. п. д. обратимого цикла Карно, осуществленного между теми же источниками тепла.

Коэффициент заполнения цикла — отношение его термического к. п. д. к термическому к. п. д. цикла Карно, осуществленного между максимальной и минимальной температурами рассматриваемого цикла.

§ 6-17. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания

В общем виде работа, совершаемая за цикл, $l = \frac{q_1}{A}\,\eta_t$ *кГм/кг*, где q_1 — количество подведенного тепла. Термический к. п. д. $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$.

Цикл со сгоранием топлива при $V = \text{const}$ (рис. 6-1)

$$l = (v_1 - v_2)\, p_1 \varepsilon \frac{\varepsilon^{k-1} - 1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{\lambda - 1}{k - 1},$$

где $\varepsilon = \frac{v_1}{v_2}$ — степень сжатия; $\lambda = \frac{p_3}{p_2}$ — степень повышения давления сжатого до v_2 газа в процессе сгорания топлива. Среднее индикаторное давление $p_i = \frac{l}{v_1 - v_2}$ *кГ/м²*.

$$\eta_t = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}.$$

Распространенные значения ε: керосиновые двигатели 4,0 ÷ 4,5; бензиновые автомобильные 5,5 ÷ 6,5; авиационные 7,0 ÷ 8,5; газовые 7,0 ÷ 9,5.

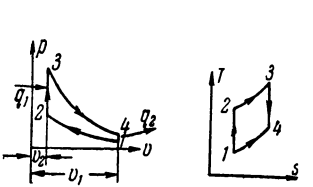


Рис. 6-1.

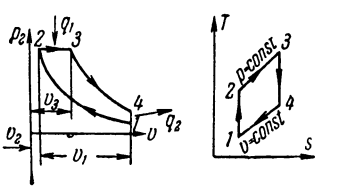


Рис. 6-2.

Цикл со сгоранием топлива при $p = \text{const}$ (рис. 6-2)

$$l = \frac{p_1 (v_1 - v_2)\,\varepsilon}{(k-1)(\varepsilon - 1)} [k\varepsilon^{k-1}(\rho - 1) - (\rho^k - 1)],$$

где $\rho = \frac{v_3}{v_2}$ — степень предварительного расширения сжатого до p_2 газа в процессе сгорания топлива; $\varepsilon = 14 \div 18$.

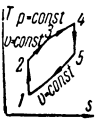
$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{k\varepsilon^{k-1}(\rho - 1)}.$$

Смешанный цикл Тринклера ($V = \text{const}$ и $p = \text{const}$) (рис. 6-3)

$$l = \frac{(v_1 - v_2)\, p_1}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \left[\lambda (\rho - 1)(k - 1) + \lambda\rho \left(1 - \frac{1}{\delta^{k-1}}\right) - \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}\right) \right].$$

В этой формуле $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$ — степень адиабатического расширения, $\rho = \frac{v_4}{v_3}$.

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda\rho^k - 1}{\varepsilon^{k-1}\left[(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)\right]}.$$



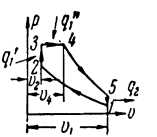


Рис. 6-3.

Индикаторный к. п. д. двигателя $\eta_i = \frac{AL_i}{Q_1} = \eta_0\eta_t$; причем относительный к. п. д. $\eta_0 = \frac{AL_i}{AL_t} = 0{,}6 \div 0{,}8$.

Механический к. п. д. двигателя, индикаторная мощность которого N_i, а эффективная — N_e, $\eta_м = \frac{N_e}{N_i}$. Эффективный к. п. д. двигателя $\eta_e = \frac{AL_e}{Q_1} = \eta_i\eta_м$.

Таблица 6-43. **Индикаторные и механические к. п. д. двигателей**

Тип двигателя	$\eta_м$	η_i	Расход топлива, *кг/л. с.·час*
Калоризаторные	0,7 ÷ 0,8	0,16 ÷ 0,2	0,32 ÷ 0,4
Автотракторные карбюраторные .	0,8 ÷ 0,9	0,2 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,35
Авиационные карбюраторные . .	0,85 ÷ 0,92	0,25 ÷ 0,3	0,21 ÷ 0,25
Тихоходные с самовоспламенением	0,7 ÷ 0,85	0,3 ÷ 0,34	0,18 ÷ 0,21
Легкие быстроходные с самовоспламенением	0,7 ÷ 0,8	0,33 ÷ 0,4	0,16 ÷ 0,2

§ 6-18. Циклы газотурбинных установок

Цикл со сгоранием топлива при $p = \text{const}$. При адиабатическом сжатии (рис. 6-4) и отсутствии регенерации ($\sigma = 0$)

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}},$$

где $\beta = \frac{p_2}{p_1}$ — степень повышения давления в компрессоре. При регенерации (рис. 6-5), степень совершенства которой $\sigma = \frac{T_2' - T_2}{T_4 - T_2}$,

$$\eta_t = 1 - \frac{\rho - \beta^{\frac{k-1}{k}} - \sigma\left(\rho - \beta^{2\frac{k-1}{k}}\right)}{\beta^{\frac{k-1}{k}}\left(\rho - \beta^{\frac{k-1}{k}}\right) - \sigma\left(\rho - \beta^{2\frac{k-1}{k}}\right)}, \text{ где } \rho = \frac{T_3}{T_1}.$$

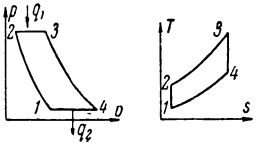


Рис. 6-4.

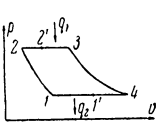


Рис. 6-5.

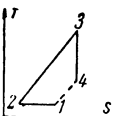


Рис. 6-6.

При полной регенерации, когда $T_2' = T_4$ и $\sigma = 1$

$$\eta_{t\,\text{макс}} = 1 - \frac{\beta^{\frac{k-1}{k}}}{\rho}.$$

При изотермическом сжатии (рис. 6-6) и отсутствии регенерации ($\sigma = 0$)

$$\eta_t = 1 - \frac{\beta^{\frac{k-1}{k}}\left(\frac{k-1}{k}\ln\beta - 1\right) + \rho}{\beta^{\frac{k-1}{k}}(\rho - 1)}.$$

При регенерации

$$\eta_t = 1 - \frac{\frac{k-1}{k}\beta^{\frac{k-1}{k}}\ln\beta + (1-\sigma)\left(\rho - \beta^{\frac{k-1}{k}}\right)}{\beta^{\frac{k-1}{k}}(\rho - 1) - \sigma\left(\rho - \beta^{\frac{k-1}{k}}\right)}.$$

При полной регенерации ($\sigma = 1$)

$$\eta_{t\,\text{макс}} = 1 - \frac{\frac{k-1}{k}\beta^{\frac{k-1}{k}}\ln\beta}{\rho\left(\beta^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)}.$$

Цикл со сгоранием топлива при $V = \text{const}$. При адиабатическом сжатии и отсутствии регенерации (рис. 6-7)

$$\eta_t = 1 - \frac{k\left(\lambda^{1/k} - 1\right)}{(\lambda - 1)\beta^{\frac{k-1}{k}}},$$

где $\lambda = p_4/p_3 = T_4/T_3$ — степень добавочного увеличения давления.

При регенерации (рис. 6-8)

$$\eta_t = 1 - k\,\frac{\left(\frac{1}{\gamma\lambda^{\frac{1}{k}}} - 1\right) - \beta^{\frac{k-1}{k}}(\gamma - 1)}{\gamma\beta^{\frac{k-1}{k}}(\lambda - 1)}, \quad \text{где} \quad \gamma = \frac{T_3}{T_2}.$$

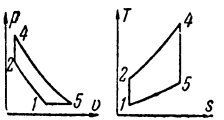


Рис. 6-7.

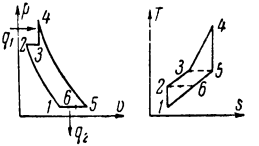


Рис. 6-8.

При предельно возможной степени регенерации, т. е. $\gamma_{\text{макс}} = T_5/T_3$,

$$\eta_{t\,\text{макс}} = 1 - k\,\frac{\beta^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\gamma_{\text{макс}}\beta^{\frac{k-1}{k}}\left(\beta^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)}.$$

При изотермическом сжатии без регенерации

$$\eta_t = 1 - \frac{(k-1)\ln\beta + k\left(\frac{\lambda^{1/k}}{\beta^{\frac{k-1}{k}}} - 1\right)}{\lambda - 1}.$$

При регенерации

$$\eta_t = 1 - \frac{(k-1)\ln\beta}{\gamma(\lambda - 1)} + k\,\frac{\beta^{\frac{k-1}{k}} - \lambda^{\frac{1}{k}}}{\beta^{\frac{k-1}{k}}(\lambda - 1)},$$

$$\eta_{t\,\text{макс}} = 1 - \frac{(k-1)\ln\beta}{\gamma_{\text{макс}}\left(\beta^{\frac{k-1}{k}} - 1\right)}.$$

§ 6-19. Циклы реактивных двигателей

Цикл жидкостного реактивного двигателя (рис. 6-9).

$$\eta_t = \frac{Aw^2}{2gq_1},$$

где $w = 2000 \div 2500$ *м/сек* — теоретическая скорость истечения газа. Сила тяги $R = \frac{G_{см}}{g} w + F_c (p_c - p_0)$ [*кГ*], где

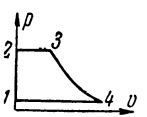
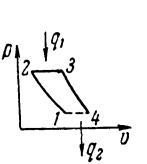


Рис. 6-9.



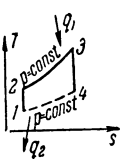
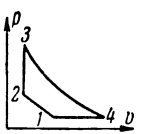


Рис. 6-10.

$G_{см}$ — расход смеси, *кг/сек*; p_c и p_0 — давления на срезе сопла и в окружающей среде, *кГ/м²*; F_c — площадь выходного сечения сопла, *м²*.



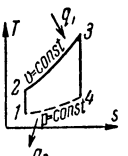


Рис. 6-11.

Цикл прямоточного воздушно-реактивного двигателя со сгоранием топлива при $p = \text{const}$ (рис. 6-10).

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}}},$$

где $\beta = \frac{p_3}{p_1}$ — степень увеличения давления.

Цикл пульсирующего воздушно-реактивного двигателя со сгоранием топлива при $V = \text{const}$ (рис. 6-11).

$$\eta_t = 1 - \frac{k\left(\lambda^{\frac{1}{k}} - 1\right)}{(\lambda - 1)\,\beta^{\frac{k-1}{k}}},$$

где $\lambda = \frac{p_3}{p_2}$ — степень добавочного увеличения давления.

§ 6-20. Циклы паросиловых установок

Цикл Ренкина (рис. 6-12).

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_2) - Av'_2 (p_1 - p_2)}{(i_1 - i'_2) - Av'_2 (p_1 - p_2)} \approx \frac{(i_1 - i_2) - Av'_2 (p_1 - p_2)}{i_1 - i'_2},$$

где $Av'_2 (p_1 - p_2)$ — работа питательного насоса, $i_1 - i_2 = h$ — теплоперепад. При давлениях ниже 100 $кГ/см^2$ можно принять $\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i'_2}$.

Теоретический удельный расход тепла $q_{уд} = \frac{860}{\eta_t}$ $ккал/квт\text{-}ч$.

Теоретический удельный расход пара $d_{уд} = \frac{860}{i_1 - i_2}$ $кг/квт\text{-}ч$.

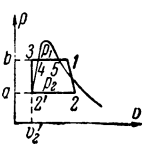


Рис. 6-12.

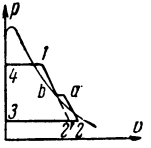


Рис. 6-13.

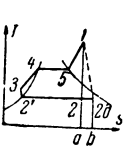


Рис. 6-14.

При повторном перегреве пара (рис. 6-13) без учета работы питательного насоса

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_b) + (i_a - i_2)}{(i_1 - i_8) + (i_a - i_b)} = \frac{h_1 + h_2}{(i_1 - i_8) + (i_a - i_b)};$$

$$d_{уд} = \frac{860}{h_1 + h_2}.$$

Для цикла с паровой машиной без учета работы питательного насоса

$$\eta_t = \frac{(i_1 - i_2) - \Delta i}{i_1 - i'_2},$$

где Δi — потеря перепада тепла вследствие неполного расширения пара в машине.

Внутренний относительный к. п. д. установки, учитывающий необратимость процесса (рис. 6-14) $\eta_{oi} = \frac{l_д}{l_т} = \frac{i_{1д} - i_{2д}}{i_1 - i_2}$.

Эффективный относительный к. п. д. паросиловой установки

$$\eta_{oe} = \frac{l_д}{q_1} = \eta_{oi}\,\eta_м,$$

где $\eta_м$ — механический к. п. д.

К. п. д. η_{oe} при различных мощностях N_e имеет следующие ориентировочные значения:

η_{oe}	0,2	0,41	0,66	0,725	0,77	0,80	0,82	0,83	0,845	0,865
N_e, *квт*	5	50	500	1000	2000	5000	10000	25000	50000	100000

Относительный электрический к. п. д. турбогенератора

$$\eta_{oэ} = \eta_{oi}\,\eta_м\,\eta_г;$$

к. п. д. $\eta_м$, $\eta_г$ и $\eta_{oэ}$ имеют следующие ориентировочные значения:

N, тыс. *квт*	1	2,5	4	6	12	25	50	100
$\eta_м$	0,93	0,94	0,95	0,97	0,975	0,98	0,985	0,99
$\eta_г$ ($\cos\varphi = 0{,}8$)	0,94	0,952	0,955	0,96	0,963	0,967	0,971	0,99
$\eta_{oэ}$	0,634	0,694	0,717	0,752	0,771	0,786	0,808	0,848

Абсолютный электрический к. п. д. турбогенератора $\eta_э = \eta_t\,\eta_{oэ}$.

Для регенеративного цикла

$$\eta_t = \frac{h - \sum_{j=1}^{n} a_j (h - h_j)}{i_1 - i_1^в};$$

$$d_{уд} = \frac{860}{h - \sum_{j=1}^{n} a_j (h - h_j)},$$

где h_j *ккал/кг* — разность энтальпий свежего пара и пара в точке отбора; a_j — доля отбираемого пара на 1 *кг* свежего пара; $i_1^в$ *ккал/кг* — энтальпия питательной воды после регенеративного подогрева;

$$a_1 = \frac{i_1^в - i_0^в}{i_1^п - i_0^в};\qquad a_n = \frac{(1 - a_1 - a_2 - \ldots - a_{n-1})(i_n^в - i_{n-1}^в)}{i_n^п - i_{n-1}^в};$$

$i_0^в$ — энтальпия воды до регенеративного подогревателя; $i_1^в$ — энтальпия воды после первого подогревателя; $i_n^в$ — энтальпия воды после n-го подогревателя; $i_1^п$ — энтальпия пара в первом отборе; $i_n^п$ — энтальпия пара в n-м отборе.

§ 6-21. Циклы холодильных машин

Холодильный коэффициент, характеризующий обратный цикл Карно (рис. 6-15), $\varepsilon = \frac{q_0}{Al} = \frac{T_0}{T - T_0}$, где q_0 — удельная холодопроизводительность, т. е. количество тепла, отводимого от холодного источника 1 *кг* рабочего тела.

Действительный холодильный коэффициент воздушной холодильной машины (рис. 6-16)

$$\varepsilon_д = \frac{\frac{a-1}{x-1}\eta_к - \frac{a}{x}\eta_д\eta_к}{\frac{a}{x}\eta_д\eta_к - 1},$$

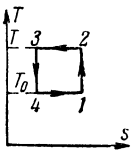


Рис. 6-15.

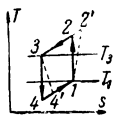


Рис. 6-16.

где $a = \frac{T_3}{T_1}$; $x = \frac{T_2}{T_1}$; $\eta_д = \frac{T_3 - T_4'}{T_3 - T_4}$ — к. п. д. детандера; $\eta_к$ — к. п. д. компрессора.

§ 6-22. Показатели работы электрических станций

Показатели режима работы станции. Годовое число машиночасов станции

$$m = \tau_1 + \tau_2 + \ldots + \tau_n,$$

где τ_1, τ_2, ..., τ_n — число часов работы каждой машины в год.

Средняя годовая нагрузка генераторов

$$N_{ср} = \frac{Э_{год}}{m} \text{ квт},$$

где $Э_{год}$ — количество электроэнергии в *квт-ч*, выработанной станцией за год.

Средний коэффициент загрузки генераторов за время их работы

$$f_{ср} = \frac{N_{ср}}{N_н},$$

где $N_н = \frac{N_{н_1} + N_{н_2} + \ldots + N_{н_n}}{n}$ — номинальная мощность одного генератора в *квт*.

Средняя годовая нагрузка станции

$$N_{ср}^{ст} = \frac{Э_{год}}{8760} \ квт.$$

Коэффициент использования установленной мощности станции

$$k_{исп} = \frac{N_{ср}^{ст}}{N_{уст}} = \frac{Э_{год}}{8760 \cdot N_{уст}}.$$

С точки зрения экономичности и надежности работы станции желательно, чтобы $k_{исп} = 0{,}65 \div 0{,}7$.

Число часов использования всей установленной мощности станции

$$\tau_{уст} = \frac{Э_{год}}{N_{уст}} = 8760 k_{исп}.$$

Коэффициент нагрузки станции

$$k_{н} = \frac{N_{ср}^{ст}}{N_{макс}} = \frac{Э_{год}}{8760 N_{макс}},$$

где $N_{макс}$ — максимальная нагрузка станции в *квт*, имевшая место в течение года.

Число часов использования максимальной нагрузки

$$\tau_{макс} = \frac{Э_{год}}{N_{макс}} = 8760 k_{н}.$$

Коэффициент резерва

$$k_{р} = \frac{N_{уст}}{N_{макс}} = \frac{k_{н}}{k_{исп}}.$$

Коэффициент рабочего времени станции при одинаковых по мощности агрегатах

$$k_{в} = \frac{m}{8760 z} = \frac{k_{исп}}{f_{ср}},$$

где z — число агрегатов одинаковой мощности; m — годовое число машиночасов этих агрегатов.

Коэффициент рабочего времени станции при разных по мощности агрегатах

$$k_{в} = \frac{\tau_1 \cdot N_{н_1} + \tau_2 \cdot N_{н_2} + \ldots + \tau_n \cdot N_{нn}}{8760 N_{уст}}.$$

Показатели режима работы котельной. Они имеют аналогичный вид, причем под m понимается число проработанных котлочасов, а вместо N и $Э_{год}$ подставляются соответствующие значения паро- или теплопроизводительности котлов (D или Q) и количества выработанного за год пара ($D_{год}$) или тепла ($Q_{год}$).

Показатели экономичности работы станции. Коэффициент самопотребления (расход на собственные нужды станции) электроэнергии

$$k_э = \frac{Э_{выр} - Э_{отп}}{Э_{выр}},$$

где $Э_{выр}$ и $Э_{отп}$ — количество энергии, выработанной и отпущенной станцией или любым из ее элементов.

Коэффициент отдачи энергии

$$\eta_{отд} = \frac{Э_{отп}}{Э_{выр}} = 1 - k_э.$$

К. п. д. брутто станции или любого ее элемента

$$\eta_{бр} = \frac{Э_{выр}}{Э_{затр}},$$

где $Э_{затр}$ — количество затраченной энергии.

К. п. д. нетто станции или любого ее элемента

$$\eta_н = \frac{Э_{отп}}{Э_{затр}}.$$

К. п. д. конденсационной станции:

брутто

$$\eta_{бр}^{ст} = \frac{860Э_{выр}}{B_{кгл}Q_р^н}, \quad \text{или} \quad \eta_{бр}^{ст} = \frac{860}{b_{бр}Q_р^н};$$

нетто

$$\eta_н^{ст} = \frac{860Э_{отп}}{B_{ктл}Q_р^н}, \quad \text{или} \quad \eta_н^{ст} = \frac{860}{b_н Q_р^н}, \quad \text{или} \quad \eta_н^{ст} = \eta_{бр}^{ст}(1 - k_э);$$

$$\eta_н^{ст} = \eta_{бр}^{ктл}\eta_{тр}\eta_{бр}^{м.з}(1 - k_п)(1 - k_э);$$

по условному топливу

$$\eta_{бр}^{ст} = \frac{860}{b_{бр}^{усл}7000} = \frac{0{,}123}{b_{бр}^{усл}}$$

и

$$\eta_н^{ст} = \frac{0{,}123}{b_н^{усл}}.$$

В этих формулах:

$B_{ктл}$ — суммарный расход топлива в *кг*; $b_{бр}$ и $b_н$ — удельный расход топлива на единицу выработанной и отпущенной электроэнергии в *кг/квт-ч*; $b_{бр}^{усл}$ и $b_н^{усл}$ — то же в условном топливе; $k_п$ — коэффициент

самопотребления (расход на собственные нужды) пара.

$$\eta_{\text{бр}}^{\text{ктл}} = \frac{D_{\text{выр}}(i_{\text{пе}} - i_{\text{п.в}})}{B_{\text{ктл}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}} \text{ — к. п. д. брутто котельной;}$$

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{i_{\text{м.з}} - i_{\text{п.в}}}{i_{\text{пе}} - i_{\text{п.в}}} \text{ — к. п. д. трубопроводов;}$$

$$\eta_{\text{бр}}^{\text{м.з}} = \frac{860\text{Э}_{\text{выр}}}{D_{\text{м.з}}(i_{\text{м.з}} - i_{\text{п.в}})} \text{ — к. п. д. брутто (абсолютный к. п. д.) машинного зала.}$$

Экономия топлива при изменении к. п. д. с η' на η'' или удельного расхода топлива с b' на b''

$$\text{Э}_{\text{к}} = \left(1 - \frac{\eta'}{\eta''}\right) \cdot 100\% \quad \text{или} \quad \text{Э}_{\text{к}} = \left(1 - \frac{b''}{b'}\right) \cdot 100\%.$$

Аналогичным путем определяется экономия пара, тепла и электроэнергии.

Общие к. п. д. теплоэлектроцентрали:

брутто

$$\eta_{\text{бр}}^{\text{общ ТЭЦ}} = \frac{860\text{Э}_{\text{выр}} + Q_{\text{выр}}^{\text{т.э}}}{B_{\text{ктл}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

нетто

$$\eta_{\text{н}}^{\text{общ ТЭЦ}} = \frac{860\text{Э}_{\text{отп}} + Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}}}{B_{\text{ктл}} Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

где $Q_{\text{выр}}^{\text{т.э}} = Q_{\text{выр}}^{\text{ктл}} + Q_{\text{отп}}^{\text{м.з}}$ — количество тепла в *ккал*, выработанного котельной для отпуска на сторону, плюс отпущенного машинным залом (принято, что $Q_{\text{выр}}^{\text{м.з}} = Q_{\text{отп}}^{\text{м.з}}$);

$$Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}} = Q_{\text{отп}}^{\text{ктл}} + Q_{\text{отп}}^{\text{м.з}}, \quad \text{причем} \quad Q_{\text{отп}}^{\text{ктл}} = Q_{\text{выр}}^{\text{ктл}}(1 - k_{\text{п}}^{\text{ктл}}).$$

По условному методу МЭС, при котором вся выгода теплофикации относится на выработку электроэнергии:

а) к. п. д. теплоэлектроцентрали по электроэнергии:

брутто

$$\eta_{\text{бр}}^{\text{ТЭЦ (эл)}} = \frac{860\text{Э}_{\text{выр}}}{B_{\text{эл}} \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

нетто

$$\eta_{\text{н}}^{\text{ТЭЦ (эл)}} = \frac{860\text{Э}_{\text{отп}}}{B_{\text{эл}} \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}} + \dfrac{860\text{Э}_{\text{с.н}}^{\text{т.э}}}{\eta_{\text{бр}}^{\text{ТЭЦ (эл)}}}};$$

б) к. п. д. теплоэлектроцентрали по теплу:
брутто

$$\eta_{\text{бр}}^{\text{ТЭЦ (т.э)}} = \frac{Q_{\text{выр}}^{\text{т.э}}}{B_{\text{т.э}} \cdot Q_{\text{р}}^{\text{н}}},$$

нетто

$$\eta_{\text{н}}^{\text{ТЭЦ (т.э)}} = \frac{Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}}}{B_{\text{т.э}} Q_{\text{р}}^{\text{н}} + \dfrac{860 Э_{\text{с.н}}^{\text{т.э}}}{\eta_{\text{н}}^{\text{ТЭЦ (эл)}}}};$$

в) расход топлива на выработку отпускаемого тепла

$$B_{\text{т.э}} = B_{\text{ктл}} \frac{Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}}}{Q_{\text{н}}^{\text{ктл}}};$$

г) расход топлива на выработку электроэнергии

$$B_{\text{эл}} = B_{\text{ктл}} - B_{\text{т.э}};$$

д) расход электроэнергии в *квт-ч* на собственные нужды, связанные с отпуском тепла

$$Э_{\text{с.н}}^{\text{т.э}} = Э_{\text{с.н}}^{\text{ктл}} \frac{Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}}}{Q_{\text{н}}^{\text{ктл}}} + Э_{\text{с.н}}^{\text{тфк}};$$

е) расход электроэнергии в *квт-ч* на собственные нужды, связанные с ее выработкой

$$Э_{\text{с.н}}^{\text{эл}} = Э_{\text{с.н}}^{\text{ст}} - Э_{\text{с.н}}^{\text{т.э}};$$

ж) удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию

$$b_{\text{н.усл}}^{\text{эл}} = \frac{B_{\text{эл}} Q_{\text{р}}^{\text{н}} - \dfrac{860 Э_{\text{с.н}}^{\text{т.э}}}{\eta_{\text{бр}}^{\text{ТЭЦ (эл)}}}}{7000 Э_{\text{отп}}} \text{ кг/квт-ч};$$

з) удельный расход условного топлива на отпущенное тепло

$$b_{\text{н.усл}}^{\text{т.э}} = \frac{B_{\text{т.э}} Q_{\text{р}}^{\text{н}} + \dfrac{860 Э_{\text{с.н}}^{\text{т.э}}}{\eta_{\text{бр}}^{\text{ТЭЦ (эл)}}}}{7000 Q_{\text{отп}}^{\text{т.э}}} \text{ кг/ккал}.$$

Таблица 6-44. К. п. д. ($\eta_н^{ст}$), удельные расходы условного топлива ($b_н^{усл}$) и удельные расходы тепла ($q_н$) паровых конденсационных электростанций

Характеристика станции	$\eta_н^{ст}$	$b_н^{усл}$, $\frac{кг}{квт\text{-}ч}$	$q_н$, $\frac{ккал}{квт\text{-}ч}$
Турбины на 12 ÷ 15 *кГ/см²* и 350° С малой мощности	0,14÷0,15	0,88 ÷ 0,82	6150÷5750
Турбины на 29 *кГ/см²* и 400° С средней мощности	0,22 ÷ 0,23	0,56 ÷ 0,53	3900÷3700
Турбины на 29 *кГ/см²* и 400° С большой мощности	0,24 ÷ 0,25	0,51 ÷ 0,49	3580÷3450
Турбины на 90 *кГ/см²* и 480° С большой мощности	0,29 ÷ 0,31	0,42 ÷ 0,40	2970÷2780
Локомобили на 12 ÷ 15 *кГ/см²* с центральным экономайзером . .	0,12 ÷ 0,14	1,02 ÷ 0,88	7150÷6150
Локомобили на 10 ÷ 12 *кГ/см²*, работающие на выхлоп	0,05 ÷ 0,06	2,46 ÷ 2,04	17000÷14300

Таблица 6-45. Расход электроэнергии на собственные нужды электростанций в процентах от выработанной электроэнергии

Малые станции с ручными топками и естественной тягой	4
Малые станции с искусственной тягой, дутьем и механическими топками	7 ÷ 8
То же при бесподвальных турбинах (привод циркуляционных и конденсатных насосов от главного вала турбины)	5 ÷ 7
Малые станции с искусственной тягой, дутьем и шахтными мельницами	8 ÷ 10
Конденсационные станции средней мощности с механическими топками	5 ÷ 7
То же с шахтными мельницами	6 ÷ 8
ТЭЦ средней мощности с механическими топками . . .	8 ÷ 9
То же с шахтными мельницами	9 ÷ 10
Пылеугольные конденсационные станции большой мощности	8 ÷ 10
Пылеугольные ТЭЦ большой мощности	10 ÷ 13
Локомобильные станции:	
а) с тягой при помощи конуса и работой на выхлоп . .	4 ÷ 5
б) с естественной тягой и работой на выхлоп	5 ÷ 6
в) с естественной тягой и циркуляционным охлаждением конденсаторов	6 ÷ 7
г) с искусственной тягой и циркуляционным охлаждением конденсаторов	8 ÷ 9

Таблица 6-46. Расход электроэнергии на собственные нужды котельной конденсационной электростанции в процентах от $Э_{выр}$

Топливоприготовление при		Питание при абсолютном давлении пара	
цепных решетках	0,2 ÷ 0,3	10 *кГ/см²*	0,6
шаровых мельницах на АШ	1,5 ÷ 2,0	20 *кГ/см²*	0,9
шахтных мельницах на буром угле	2 ÷ 3	40 *кГ/см²*	1,4
		100 *кГ/см²*	2,0
Тягодутьевые устройства при		200 *кГ/см²*	3,0
мазуте и газе	0,7 ÷ 1,0	Прочие нужды котельной	0,5 ÷ 1,0
высококачественном угле	1,0 ÷ 1,5		
низкокачественном угле	1,5 ÷ 2,0		

Таблица 6-47. Расход пара на собственные нужды электростанций в процентах от количества выработанного пара

Обдувка поверхностей нагрева котлоагрегата	1 ÷ 2
Паровое дутье	до 8
Паровые мазутные форсунки	до 4
Питательные насосы, поддерживаемые в резерве	~ 0,5
» » постоянно работающие	до 3
Подогрев мазута в хранилищах и трубопроводах	до 2
» воды в центральном подогревателе локомобильной станции	6 ÷ 7
Потери вследствие конденсации в паропроводах	0,5 ÷ 0,75
» на утечки и прочее	~ 0,5
Пусковые и рабочие эжекторы	0,5 ÷ 1,0
Поддержание в горячем резерве насосов машинного зала	~ 0,1

§ 6-23. Влажный воздух. Весовое влагосодержание воздуха

$$d = \frac{G_п}{G_{вз}} 1000 \ Г/кГ,$$

где $G_п$ *кГ* — вес водяного пара и $G_{вз}$ *кГ* — вес сухого воздуха. Молярное влагосодержание

$$x = \frac{G_п : \mu_п}{G_{вз} : \mu_{вз}} = 1{,}61 \frac{G_п}{G_{вз}}.$$

Следовательно, $x = 0{,}00161d$ и $d = 622x = 622\,\dfrac{p_{\text{п}}}{p_{\text{см}} - p_{\text{п}}}$ $\Gamma/к\Gamma$.

$$d = \frac{r_{\text{м}} d_{\text{м}} - c_{p,\text{вз}}(t - t_{\text{м}}) \cdot 10^3}{r_{\text{м}} + c_{p,\text{п}}(t - t_{\text{м}})} \quad \Gamma/к\Gamma,$$

где $t_{\text{м}}$ — температура мокрого термометра; $r_{\text{м}}$ — скрытая теплота парообразования при $t_{\text{м}}$; $d_{\text{м}}$ — влагосодержание насыщенного воздуха.

Парциальное давление пара:

$$p_{\text{п}} = \frac{p_{\text{см}} d}{622 + d} \quad к\Gamma/см^2;$$

сухого воздуха

$$p_{\text{вз}} = \frac{622 p_{\text{см}}}{622 + d} \quad к\Gamma/см^2$$

и смеси

$$p_{\text{см}} = p_{\text{п}} + p_{\text{вз}}.$$

Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{макс}}} = \frac{d}{622 + d}\,\frac{p_{\text{см}}}{p_{\text{макс}}};$$

$p_{\text{макс}}$ — максимально возможное давление водяного пара, которое равно $p_{\text{нас}}$, если $t_{\text{вз}} \leqslant t_{\text{нас}}$, или $p_{\text{см}}$, если $t_{\text{вз}} > t_{\text{нас}}$.

Удельный вес

$$\gamma_{\text{см}} = \gamma_{\text{вз}} + \gamma_{\text{п}} = \gamma_{\text{п}}\,\frac{1000 + d}{d} \quad к\Gamma/м^3,$$

или

$$\gamma_{\text{см}} = \frac{p_{\text{см}}}{29{,}27 T_{\text{см}}} - 0{,}0129\,\frac{\varphi p_{\text{макс}}}{T_{\text{см}}}.$$

Теплоемкость $c_{\text{см}} = c_{\text{вз}} + 0{,}001d\, c_{\text{п}}$ [*ккал/кг·град*].

Энтальпия $i_{\text{см}} = 0{,}24t + 0{,}001d\,(595 + 0{,}47t)$ [*ккал/кг*].

Газовая постоянная

$$R_{\text{см}} = \frac{29{,}27}{1 - 0{,}377\varphi\,\dfrac{p_{\text{макс}}}{p_{\text{см}}}} = \frac{p_{\text{см}}}{\gamma_{\text{п}} T_{\text{см}}}\,\frac{d}{1000 + d}.$$

Объем влажного воздуха на 1 *кГ* сухого

$$v_{\text{см}} = 29{,}27\,\frac{T_{\text{см}}}{p_{\text{см}} - \varphi p_{\text{макс}}} \quad м^3/кг.$$

Температура точки росы — температура, при которой воздух насыщен водяным паром. Величины, характеризующие влажный воздух, приведены в таблицах 6-48—6-50.

Таблица 6-48. Удельный вес водяного пара во влажном воздухе в $Г/м^3$ при $p = 745$ мм рт. ст. в зависимости от t, °С и φ %

t \ φ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,485	0,969	1,454	1,939	2,424	2,908	3,393	3,878	4,362	4,847
10	0,940	1,880	2,819	3,759	4,699	5,639	6,579	7,518	8,458	9,398
20	1,729	3,458	5,187	6,916	8,645	10,37	12,10	13,83	15,56	17,29
30	3,037	6,074	9,111	12,15	15,18	18,22	21,26	24,30	27,33	30,37
40	5,115	10,23	15,34	20,46	25,58	30,69	35,80	40,92	46,04	51,15
50	8,306	16,61	24,92	33,22	41,63	49,94	58,24	66,55	74,85	83,16
60	13,02	26,04	39,06	52,08	65,10	78,12	91,14	104,2	117,2	130,2
70	19,82	39,64	59,46	79,28	99,10	118,9	138,7	158,6	178,4	198,2
80	29,34	58,68	88,02	117,4	146,7	176,0	205,4	234,7	264,1	293,4
90	42,35	84,70	127,0	164,4	211,8	254,1	296,4	338,8	381,2	423,5
100	58,48	117,0	175,4	233,9	292,4	350,9	409,4	467,8	526,3	584,8
110	56,82	113,6	170,5	227,3	284,1	340,9	397,7	454,6	511,4	568,2
120	55,31	110,6	165,9	221,2	276,6	331,9	387,2	442,5	497,8	553,1
130	53,88	107,8	161,6	215,5	269,4	323,3	377,2	431,0	484,9	538,8
140	52,52	105,0	157,6	210,1	262,6	315,1	367,6	420,2	472,7	525,2
150	51,23	102,5	153,7	204,9	256,2	307,4	358,6	409,8	461,1	512,3
160	50,00	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0	400,0	450,0	500,0
170	48,85	97,70	146,6	195,4	244,2	293,1	342,0	390,8	439,6	488,5
180	47,76	95,52	143,3	191,0	238,8	286,6	334,3	382,1	429,8	477,6
190	46,71	93,42	140,1	186,8	233,6	280,3	327,0	373,7	420,4	467,1
200	45,70	91,40	137,1	182,8	228,5	274,2	319,9	365,6	411,3	457,0
250	41,25	82,50	123,8	165,0	206,2	247,5	288,8	330,0	371,2	412,5
300	37,61	75,22	112,8	150,4	188,0	225,7	263,3	300,9	338,5	376,1
350	34,57	69,14	103,7	138,3	172,8	207,4	242,0	276,6	311,1	345,7
400	31,99	63,98	95,97	128,0	160,0	191,9	223,9	255,9	287,9	319,9
450	29,77	59,54	89,31	119,1	148,8	178,6	208,4	238,2	267,9	297,7
500	27,84	55,68	83,52	111,4	139,2	167,0	194,9	222,7	250,6	278,4
550	26,14	52,28	78,42	104,6	130,7	156,8	183,0	209,1	235,3	261,4
600	24,65	49,30	73,95	98,60	123,2	147,9	172,6	197,2	221,8	246,5
650	23,32	46,64	69,96	93,28	116,6	139,9	163,2	186,6	209,9	233,2
700	22,12	44,24	66,36	88,48	110,6	132,7	154,8	177,0	199,1	221,2
750	21,04	42,08	63,12	84,16	105,2	126,2	147,3	168,3	189,4	210,4
800	20,06	40,12	60,18	80,24	100,3	120,4	140,4	160,5	180,5	200,6

Таблица 6-49. Объем влажного воздуха на 1 *кг* сухого в *м*³/*кг* при *p*=745 *мм* рт. ст. в зависимости от *t*,°С и φ%

t \ φ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,790	0,790	0,791	0,791	0,792	0,792	0,793	0,793	0,794	0,794
10	0,819	0,820	0,821	0,822	0,823	0,824	0,825	0,826	0,827	0,828
20	0,849	0,851	0,853	0,855	0,857	0,859	0,861	0,863	0,865	0,867
30	0,880	0,883	0,887	0,891	0,895	0,899	0,903	0,907	0,911	0,915
40	0,912	0,919	0,925	0,933	0,940	0,947	0,954	0,962	0,970	0,977
50	0,945	0,958	0,970	0,983	0,996	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07
60	0,982	1,00	1,02	1,05	1,07	1,09	1,12	1,15	1,17	1,20
70	1,02	1,06	1,09	1,13	1,17	1,22	1,27	1,32	1,38	1,44
80	1,07	1,13	1,19	1,26	1,34	1,43	1,53	1,65	1,79	1,95
90	1,13	1,22	1,33	1,47	1,63	1,83	2,08	2,42	2,88	3,57
99,4	1,20	1,35	1,54	1,80	2,17	2,72	3,63	5,45	10,9	—
100	1,20	1,35	1,55	1,81	2,17	2,72	3,63	5,45	10,9	—
120	1,26	1,42	1,63	1,90	2,28	2,86	3,82	5,73	11,5	—
140	1,33	1,49	1,71	2,00	2,40	3,00	4,01	6,01	12,0	—
160	1,39	1,57	1,79	2,09	2,51	3,14	4,19	6,30	12,6	—
180	1,46	1,64	1,87	2,19	2,63	3,29	4,38	6,58	13,2	—
200	1,52	1,71	1,96	2,28	2,74	3,43	4,57	6,86	13,7	—
250	1,68	1,89	2,16	2,52	3,03	3,79	5,05	7,58	15,2	—
300	1,84	2,07	2,37	2,76	3,32	4,15	5,53	8,29	16,6	—
350	2,00	2,25	2,57	3,00	3,60	4,50	6,01	9,01	18,0	—
400	2,16	2,43	2,78	3,24	3,89	4,87	6,49	9,73	19,5	—
450	2,32	2,61	2,99	3,48	4,18	5,22	6,97	10,4	20,9	—
500	2,48	2,79	3,19	3,72	4,47	5,59	7,45	11,2	22,3	—
550	2,64	2,97	3,40	3,96	4,76	5,95	7,93	11,9	23,8	—
600	2,80	3,15	3,60	4,21	5,05	6,31	8,41	12,6	25,2	—
650	2,96	3,33	3,81	4,45	5,34	6,67	8,89	13,3	26,7	—
700	3,12	3,51	4,02	4,69	5,62	7,03	9,37	14,1	28,1	—
750	3,28	3,70	4,22	4,93	5,91	7,39	9,86	14,8	29,6	—
800	3,45	3,88	4,43	5,17	6,20	7,75	10,3	15,5	31,0	—

Таблица 6-50. Энтальпия водяного пара во влажном воздухе в *ккал/кг* в зависимости от t, °С и φ %

t \ φ	20	40	60	80	100
0	597,3	597,3	597,3	597,3	597,2
10	601,7	601,7	601,7	601,7	601,7
20	606,2	606,1	606,1	606,1	606,1
30	610,6	610,6	610,5	610,5	610,4
40	615,0	614,9	614,9	614,8	614,7
50	619,4	619,3	619,2	619,1	619,0
60	623,8	623,6	623,5	623,3	623,2
70	628,1	627,9	627,7	627,5	627,3
80	632,5	632,2	631,9	631,6	631,3
90	636,8	636,4	636,0	635,6	635,2
100	641,1	640,6	640,0	639,5	639,0
110	645,6	645,2	644,7	644,2	643,7
120	650,2	649,8	649,3	648,9	648,4
130	654,8	654,4	654,0	653,6	653,2
140	659,4	659,0	658,6	658,3	657,9
150	664,0	663,6	663,3	663,0	662,6
160	668,6	668,3	668,0	667,6	667,3
170	673,2	672,9	672,6	672,3	672,0
180	677,9	677,6	677,3	677,0	676,8
190	682,5	682,3	682,0	681,7	681,5
200	687,2	686,9	686,7	686,4	686,2
250	710,6	710,5	710,3	710,1	710,0
300	734,5	734,3	734,2	734,1	734,0
350	758,6	758,6	758,4	758,4	758,2
400	783,2	783,1	783,1	783,0	782,9
450	808,2	808,1	808,0	808,0	807,9
500	833,5	833,5	833,4	833,4	833,3
550	859,3	859,2	859,2	859,2	859,1
600	885,5	885,4	885,4	885,4	885,3
650	912,0	912,0	912,0	912,0	911,9
700	939,1	939,0	939,0	939,0	939,0
750	966,5	966,5	966,4	966,4	966,4

Глава 6-3

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

§ 6-24. Общие сведения

Состав топлива:

органическая масса . . . . . $C_o + H_o + O_o + N_o + S^{орг} = 100$ %;

горючая масса . . . . . $C_г + H_г + O_г + N_г + S_г^л = 100$ %;

сухая масса . . . . . $C_c + H_c + O_c + N_c + S_c^л + A_c = 100$ %;

рабочая масса . . . . . $C_р + H_р + O_р + N_р + S_р^л + A_р + W_р = 100$ %;

балласт рабочего топлива . . . . $Б = A_р + W_р$ %.

Коэффициенты для пересчета составных частей топлива с одной массы на другую:

Пересчет производится с массы	Множители пересчета на массу	
	органическую	горючую
органической . .	1	$(100 - S_г^к)/100$
горючей	$100/(100 - S_г^к)$	1
сухой	$100/(100 - A_c - S_c^к)$	$100/(100 - A_c)$
рабочей	$100/(100 - A_р - W_р - S_р^к)$	$100/(100 - A_р - W_р)$

Пересчет производится с массы	Множители пересчета на массу	
	сухую	рабочую
органической . .	$(100 - A_c - S_c^к)/100$	$(100 - A_р - W_р - S_р^к)/100$
горючей	$(100 - A_c)/100$	$(100 - A_р - W_р)/100$
сухой	1	$(100 - W_р)/100$
рабочей	$100/(100 - W_р)$	1

Коэффициенты для пересчета составных частей рабочего топлива при изменении влажности $W'_р$ и зольности $A'_р$ на $W''_р$ и $A''_р$:

$$\frac{100 - W''_р}{100 - W'_р}; \quad \frac{100 - A''_р}{100 - A'_р} \quad \text{и} \quad \frac{100 - W''_р - A''_р}{100 - W'_р - A'_р}.$$

Теплота сгорания топлива. По формуле Менделеева для любой массы:

$$Q_в = 81C + 300H + 26\,(S^л - O)\ [ккал/кг],$$

$$Q_н = 81C + 300H + 26\,(S^л - O) - 6\,(9H + W)\ [ккал/кг].$$

Низшая теплота сгорания горючей массы

$$Q_г^н = Q_г^б - 22{,}5S_г^л - 0{,}0015Q_г^б - 54H_г\ [ккал/кг].$$

Низшая теплота сгорания рабочего топлива

$$Q_р^н = Q_г^н \frac{100 - W_р - A_р}{100} - 6W_р\ [ккал/кг].$$

При изменении влажности с W_p' на W_p'' при неизменной зольности сухой массы топлива A_c теплота сгорания изменяется с $(Q_p^н)'$ на

$$(Q_p^н)'' = (Q_p^н)' \frac{100 - W_p''}{100 - W_p'} + 600 \frac{W_p' - W_p''}{100 - W_p'} \text{ [ккал/кг]}.$$

При изменении влажности топлива с W_p' на W_p'', а зольности с A_p' на A_p'' теплота сгорания изменяется с $(Q_p^н)'$ на

$$(Q_p^н)'' = [(Q_p^н)' + 6W_p'] \frac{100 - W_p'' - A_p''}{100 - W_p' - A_p'} - 6W_p'' \text{ [ккал/кг]}.$$

Приведенные характеристики топлива

Зольность $A_п = 10^3 \frac{A_p}{Q_p^н}$. Влажность $W_п = 10^3 \frac{W_p}{Q_p^н}$.

Сернистость $S_п = 10^3 \frac{S_p}{Q_p^н}$.

Объем воздуха, необходимого для сгорания $V_п^в = 10^3 \frac{V_в}{Q_p^н}$.

Объем продуктов сгорания $V_п^{с.г} = 10^3 \frac{V_{с.г}}{Q_p^н}$.

Энтальпия воздуха $I_п^в = 10^3 \frac{V_в c_в t_в}{Q_p^н}$.

Энтальпия продуктов сгорания $I_п = 10^3 \frac{\sum Vct}{Q_p^н}$.

Определение объемов и энтальпии воздуха и продуктов сгорания посредством типовых характеристик. Приведенный объем воздуха

$$V_п^в = \alpha a\ (1 + 0{,}006W_п).$$

Приведенный объем сухих трехатомных газов

$$(V_п)_{RO_2} = k_1\ (1 + 0{,}006W_п).$$

Приведенный объем кислорода

$$(V_п)_{O_2} = 0{,}21a\ (\alpha - 1)\ (1 + 0{,}006W_п).$$

Приведенный объем азота

$$(V_п)_{N_2} = 0{,}79\alpha a\ (1 + 0{,}006W_п).$$

Приведенный объем водяных паров

$$(V_{\text{п}})_{H_2O} = (k_2 + \alpha k_3)(1 + 0{,}006W_{\text{п}}) + 0{,}0124W_{\text{п}}.$$

Приведенный объем продуктов сгорания

$$V^{\text{с.г}}_{\text{п}} = (\Delta + k_4\alpha)(1 + 0{,}006W_{\text{п}}) + 0{,}0124W_{\text{п}}.$$

$$I^{\text{в}}_{\text{п}} = \alpha Y(1 + 0{,}006W_{\text{п}}), \quad I_{\text{п}} = (X + Y\alpha)(1 + 0{,}006W_{\text{п}}) + ZW_{\text{п}}.$$

Расчетные коэффициенты меняются в пределах одной группы топлива настолько незначительно, что при пользовании ими обеспечивается практически необходимая точность расчета. Вследствие этого все расчеты, и в особенности сравнительные, сильно упрощаются, а в качестве исходных данных нужно знать только группу топлива, $Q^{\text{н}}_{\text{р}}$, $W_{\text{п}}$ и $A_{\text{п}}$.

В случае необходимости определить расчетные коэффициенты для какого-либо определенного топлива следует пользоваться формулами

$$k_1 = 0{,}01ax; \quad k_2 = \Delta + 0{,}01ay; \quad k_3 = 0{,}016a; \quad k_4 = 1{,}016a;$$

$$a = 10^3 \frac{V^{\text{о}}_{\text{г}}}{Q^{\text{н}}_{\text{г}}}, \text{ где } V^{\text{о}}_{\text{г}} = 0{,}089\ (C_{\text{г}} + 0{,}375S_{\text{г}}) + 0{,}265H_{\text{г}} - 0{,}033O_{\text{г}}\ [нм^3/кг];$$

$$x = \frac{1659}{79 + 100\beta}; \quad y = 21 - x; \quad \beta = 2{,}35\frac{H - 0{,}126O}{C + 0{,}375S}.$$

$$\Delta = \frac{558\,(H_{\text{г}} + 0{,}126O_{\text{г}})}{Q^{\text{н}}_{\text{г}}},$$

$$X = [a\,(0{,}01xc_{RO_2} - 0{,}21c_{O_2}) + (\Delta + 0{,}01ay)]\,t,$$

$$Y = a\,(0{,}79c_{N_2} + 0{,}21c_{O_2} + 0{,}016c_{H_2O})\,t; \quad Z = 0{,}0124c_{H_2O}t,$$

t° C — температура газов в рассчитываемом газоходе.

$$x = \frac{1659}{79 + 100\beta - 0{,}21\,(N_2/V_{RO_2})} \text{ и } \beta = 0{,}21\,\frac{0{,}01N_2 + 0{,}79V_0}{V_{RO_2}} - 0{,}79.$$

Расчетные коэффициенты, входящие в эти формулы, имеют для типовых групп топлива следующие значения:

Группа топлива	k_1	k_2	k_3	k_4	a	Δ	x
Дрова	0,210	0,151	0,017	1,06	1,045	0,142	20,1
Торф	0,206	0,128	0,017	1,085	1,07	0,109	19,2
Бурые угли	0,206	0,085	0,017	1,10	1,085	0,064	19,1
Каменные угли:							
$V_{\text{г}} > 20\ \%$	0,198	0,080	0,018	1,11	1,095	0,048	18,1
$V_{\text{г}} < 20\ \%$	0,205	0,057	0,018	1,12	1,10	0,031	18,6
Антрациты	0,220	0,026	0,018	1,12	1,10	0,015	20,0
Мазут	0,166	0,127	0,017	1,105	1,09	0,064	15,2
Сланцы	0,185	0,130	0,018	1,14	1,12	0,080	16,5
Природный газ	0,123	0,247	0,018	1,135	1,115	0,135	11,0

t, °C	Дрова		Торф		Бурые угли		Каменные угли $V_г > 20\%$		Каменные угли $V_г < 20\%$		Антрациты		Мазут		Сланцы		Природный газ		Все топлива
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	Z
100	7	33	6	34	4	34	4	35	3	35	3	35	4	35	5	35	6	35	0,4
200	15	67	12	68	9	69	8	70	7	70	6	70	9	70	10	71	13	71	0,9
300	24	100	19	103	15	104	13	105	11	105	10	105	14	105	16	108	21	107	1,4
400	33	134	27	138	22	140	18	141	16	142	14	142	20	141	23	145	29	144	1,9
500	43	170	35	175	28	177	24	179	21	179	19	179	26	178	30	183	37	182	2,4
600	53	207	44	212	34	215	30	217	28	217	24	217	32	216	37	222	46	221	2,9
700	63	244	53	250	41	254	36	256	33	257	29	257	38	255	45	262	55	261	3,4
800	74	282	62	289	49	293	43	296	38	297	34	297	45	295	53	303	64	301	4,0
900	85	321	72	328	56	333	50	336	44	338	39	338	52	335	61	344	74	342	4,5
1000	96	360	82	368	64	374	57	377	50	378	45	378	59	376	69	385	84	384	5,1
1100	108	399	92	408	72	414	64	418	56	419	51	419	66	416	78	427	94	426	5,7
1200	120	438	102	448	80	455	72	459	63	461	57	461	74	457	87	470	104	468	6,3
1300	132	478	112	489	88	497	80	501	70	503	63	503	82	499	96	513	115	510	6,9
1400	144	519	123	531	97	539	88	544	77	546	69	546	90	542	105	556	126	553	7,6
1500	157	559	134	572	105	582	95	586	84	588	75	588	98	584	114	599	137	596	8,2
1600	169	600	145	614	114	625	102	629	91	631	82	631	106	627	123	643	149	640	8,9
1700	182	641	156	656	122	667	109	672	98	675	88	675	114	670	132	687	161	684	9,6
1800	195	683	167	699	131	709	117	715	105	718	95	718	123	712	142	732	173	729	10,3
1900	208	724	178	742	140	752	125	759	112	762	101	762	132	756	152	777	185	773	10,9
2000	221	766	190	785	149	796	133	803	119	806	108	806	141	800	162	822	197	818	11,6
2100	234	808	202	827	158	839	141	846	126	850	114	850	149	843	171	866	209	862	12,3
2200	247	850	214	870	167	883	150	890	134	895	121	895	158	887	181	911	222	907	13,0
2300	260	892	226	912	176	926	158	935	141	939	127	939	167	931	191	957	235	953	13,7
2400	273	935	237	955	186	970	166	980	148	983	134	983	176	975	201	1003	248	999	14,5
2500	287	977	249	1000	196	1013	174	1024	156	1027	140	1027	185	1018	211	2045	261	1041	15,2

Поправка на механическую неполноту сгорания вносится в виде множителя $\frac{100 - q_4}{100}$ во все формулы для определения объемов и теплосодержания воздуха и продуктов сгорания, либо непосредственно в формулу для определения расхода топлива.

Теплоемкость топлива. Теплоемкость сухой массы топлива $c_т^с$:

для антрацитов и тощих углей . . . . 0,22 *ккал/кг · град*
» каменных углей . . . . . 0,26 *ккал/кг · град*
» бурых углей и фрезторфа . . . . 0,27 *ккал/кг · град*
» сланцев . . . . . 0,21 *ккал/кг · град*

Теплоемкость рабочей массы топлива:

$$c_т^р = \frac{W^р}{100} + c_т^с \frac{100 - W^р}{100} \; [ккал/кг \cdot град].$$

Теплоемкость мазута $c_м = 0{,}415 + 0{,}0006t$ [*ккал/кг · град*].

Теплоемкость газообразного топлива:

$$c_г = c_{H_2} \cdot H_2 + c_{CO} \cdot CO + \ldots + c_{N_2} N_2 + 0{,}00124 c_{H_2O} d \; [ккал/нм^3 \cdot град].$$

Таблица 6-51. **Теплоемкость золы твердых топлив**

t, °С	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\frac{c_з, ккал}{кг \cdot град}$	0,193	0,202	0,210	0,215	0,219	0,223	0,226	0,229	0,232	0,235
t, °С	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
$\frac{c_з, ккал}{кг \cdot град}$	0,238	0,24	0,25	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30

Таблица 6-52. **Расход тепла в *ккал/нм³* на нагревание 1 *нм³* газов при постоянном давлении от 0 до t, °С**

t	CO_2	H_2O	O_2	N_2	CO	SO_2	Воздух сухой	Сухие дымовые газы		
								12% CO_2, 8% O_2	14% CO_2, 6% O_2	16% CO_2, 4% O_2
100	40,6	36,0	31,5	31,0	31,1	43,3	31,1	32,2	32,4	32,6
200	85,4	72,7	63,8	62,1	62,4	90,2	62,4	65,0	65,5	65,9
300	133,5	110,5	97,2	93,6	94,3	140,1	94,4	98,7	99,4	100,1
400	184,4	149,6	131,6	125,8	127,0	192,8	127,0	133,1	134,2	135,2
500	237,5	189,8	167,0	158,6	160,4	247,0	160,4	168,7	170,2	171,6
600	292,5	231,4	203,6	192,0	194,5	303,0	194,4	205,0	206,8	208,6
700	349,3	274,4	239,8	226,3	229,4	359,8	229,2	242,2	244,3	246,5
800	407,2	318,7	277,0	261,2	264,9	416,8	264,5	280,0	282,6	285,2

Продолжение

t	CO_2	H_2O	O_2	N_2	CO	SO_2	Воздух сухой	Сухие дымовые газы		
								12% CO_2, 8% O_2	14% CO_2, 6% O_2	16% CO_2, 4% O_2
900	466,3	364,5	314,8	296,6	300,9	466,1	300,4	318,4	321,5	324,5
1000	526,3	411,5	352,9	332,4	337,4	534	336,7	357,3	360,8	364,3
1100	587,2	459,8	391,3	368,8	371,1	594	373,5	396,8	400,7	404,6
1200	648,8	509,3	430,0	405,4	411,6	653	410,6	436,6	441,0	445,3
1300	711,0	559,8	469,0	442,5	449,2	—	448,1	476,8	481,7	486,5
1400	773,6	611,2	508,3	479,8	497,1	—	485,8	517,3	522,6	527,9
1500	836,7	663,8	548,0	517,4	525,2	—	523,8	558,2	563,9	569,7
1600	900,2	717,0	587,7	555,2	543,5	—	562,1	599,2	605,4	611,7
1700	964,1	771,3	627,8	593,3	602,0	—	600,4	640,6	647,3	654,0
1800	1028	826,0	668,2	631,4	640,6	—	639,2	681,9	689,1	696,3
1900	1092	881,4	708,7	669,8	679,4	—	677,9	723,6	731,2	738,9
2000	1157	937,6	749,6	708,2	724,2	—	717,0	765,4	773,5	781,7
2100	1222	994,4	790,4	747,0	757,5	—	756,0	807,5	816,1	824,7
2200	1287	1051	831,8	785,6	796,6	—	795,3	849,4	858,6	867,6

§ 6-25. Тепловой баланс котла

Уравнение теплового баланса:

$$Q_p^н B\eta_к = (i_{пе} - i_{п.в})\, D.$$

К. п. д. котла:

$$\eta_к = \frac{(i_{пе} - i_{п.в})\, D}{Q_p^н B} \quad \text{или} \quad \eta_к = \frac{100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5)}{100}.$$

К. п. д. топки:

$$\eta_т = \frac{100 - (q_3 + q_4 + 0{,}5q_5)}{100}.$$

Потери тепла с уходящими газами. Вычисляются по формуле

$$q_2 = 0{,}1\,(I_{ух}^п - I_{вз}^п)\left(\frac{100 - q_4}{100}\right)\%.$$

Для типовых групп топлива q_2 может быть определено по формулам, данным ниже. Для подсчета необходимо знать приведенную влажность топлива $W_п$, коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{ух}$, температуру уходящих газов $t_{ух}$ и температуру воздуха в котельной $t_{вз}$.

q_2 для типовых групп топлива (в процентах)

Дрова $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}766 + 0{,}0498W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}35 + 0{,}0201W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Торф $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}612 + 0{,}0487W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}41 + 0{,}0204W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$

Бурый уголь $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}463 + 0{,}0478W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}46 + 0{,}0207W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Каменный уголь $V_г > 20\%$

$q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}412 + 0{,}0475W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}5 + 0{,}021W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Каменный уголь $V_г < 20\%$

$q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}35 + 0{,}0471W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}5 + 0{,}021W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Антрацит $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}313 + 0{,}0469W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}5 + 0{,}021W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Мазут $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}45 + 0{,}0477W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}5 + 0{,}021W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Сланцы $q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[(0{,}513 + 0{,}0481W_п)\,t_{ух} + \alpha_{ух}\,(3{,}58 + 0{,}0214W_п)\,(t_{ух} - t_{вз})]$.

Природный газ

$$q_2 = 0{,}01\,(1 - 0{,}01q_4)\,[0{,}663t_{ух} + 3{,}56\alpha_{ух}\,(t_{ух} - t_{вз})].$$

Коэффициент избытка воздуха при полном сгорании

$$\alpha = \frac{x}{RO_2} + \frac{y}{100} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{1}{1 - 3{,}76\,\dfrac{O_2}{100 - (RO_2 + O_2)}}.$$

Приближенно $\alpha = \dfrac{(RO_2)_{макс}}{RO_2}$, где $(RO_2)_{макс} = \dfrac{21}{1 + \beta}$.

При наличии в продуктах сгорания CO

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3{,}76\,\dfrac{O_2 - 0{,}5CO}{100 - (RO_2 + O_2) - CO}}$$ при твердом и жидком топливе,

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3{,}76\,\dfrac{O_2 - 0{,}5CO}{100 - (RO_2 + O_2) - CO - \dfrac{N_2}{V_{с.г}}}}$$ при газообразном топливе.

В этих формулах O_2, RO_2, CO — составные части продуктов сгорания в % по объему, определенные газовым анализом; N_2 — содержание азота в газообразном топливе в %.

Температура уходящих газов в современных котлах с экономайзерами и воздухоподогревателями не должна превышать при среднем давлении 120 ÷ 140° С и при высоком 130 ÷ 170° С.

Температура газов за котлами малой и средней производительности без экономайзеров и воздухоподогревателей определяется так:

$$\text{для водотрубных котлов } t_к \approx 120 + 9\,\frac{D_{н.\,п}}{H_к}\ °C,$$

$$\text{для жаротрубных котлов } t_к \approx 140 + 8\,\frac{D_{н.\,п}}{H_к}\ °C.$$

Потери тепла от химической неполноты сгорания. При наличии в продуктах сгорания только CO:

$$q_3 = 3{,}02\,(1 - 0{,}01q_4)\,CO\,V_п^{с.\,г}\ \%,$$

где CO — содержание окиси углерода в продуктах сгорания в %; $V_п^{с.\,г}$ см. в табл. 6-57, 6-61, 6-65.

С достаточной для практики точностью при сжигании твердых топлив (кроме сланцев) $q_3 = 3{,}3\alpha\ CO\%$, при сжигании прочих топлив

$$q_3 = 3{,}3\,(\alpha - k)\,CO\%,$$

где для мазута $k = 0{,}06$, для природных газов $k = 0{,}1$ и для сланцев $k = 0{,}05$.

Содержание CO определяется непосредственно по газовому анализу либо, если известны только RO_2 и $RO_2 + O_2$, по формуле

$$CO = \frac{(21 - \beta RO_2) - (RO_2 + O_2)}{0{,}605 + \beta}\ \%.$$

При наличии в продуктах сгорания, кроме CO, H_2 и CH_4,

$$q_3 = (1 - 0{,}01q_4)\,(3{,}02\,CO + 2{,}57\,H_2 + 8{,}53\,CH_4)\,V_п^{с.\,г}\ \%.$$

Практические значения q_3 приведены в § 6-30, табл. 6-71—6-73.

Потери тепла от механической неполноты сгорания. q_4 слагается из потерь с провалом $q_4^{пр}$, со шлаком $q_4^{шл}$ и уносом $q_4^{ун}$. Практические величины этих потерь приведены в § 6-30, табл. 6-71—6-73.

Если известны доля золы топлива, попадающего, например, в шлак $a_{шл}\%$, и содержание горючих в шлаках $г_{шл}$, то

$$q_4^{шл} = 7{,}83\,\frac{a_{шл}}{100}\cdot\frac{г_{шл}}{100 - г_{шл}}\cdot A_п\%.$$

Если известны количество шлаков $q_{шл}$ *кг* на 1 *кг* топлива и теплотворная способность шлаков $Q_{шл}^н$, то

$$q_4^{шл} = 100\cdot\frac{q_{шл}\cdot Q_{шл}}{Q_р^н}\ \%.$$

Потери тепла в окружающую среду. У котлов малой производительности до (10 *т/час*)

$$q_5 = \frac{100\,(100 + 8D_{н.\,п})}{Q_р^н}\ \%:$$

$D_{н.\,п}$, *т/час* \ $Q_р^н$, *ккал/кг*	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
2	4,64	3,86	3,31	2,9	2,59	2,32	2,11	1,93	1,78	1,65	1,55	1,45
4	5,28	4,4	3,77	3,3	2,93	2,64	2,4	2,2	2,03	1,88	1,76	1,65
6	5,91	4,93	4,23	3,7	3,29	2,96	2,69	2,46	2,27	2,11	1,97	1,85
8	6,56	5,46	4,68	4,1	3,64	3,28	2,98	2,73	2,52	2,34	2,18	2,05
10	8,0	6,66	5,71	5,0	4,45	4,0	3,64	3,33	3,08	2,85	2,66	2,5

В котлах средней и большой производительности:

$D_н$, *т/час*	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	400	700
$q_5^н$, %	1,3	1,1	1,0	0,92	0,85	0,76	0,7	0,64	0,6	0,5	0,4	0,3

При нагрузке D *т/час*, отличающейся от номинальной,

$$q_5 = q_5^н \frac{D_н}{D}\ \%.$$

§ 6-26. Твердые топлива и мазут

Таблица 6-53. **Маркировка бурых углей**

Наименование	Обозначение	Размер кусков в *мм* для углей				Тквибульские угли	
		подмосковных	среднеазиатских	приморских	челябинских	обозначение	размер, *мм*
Плита	БП	—	⩾ 100	—	—	—	—
Крупный . . .	БК	⩾ 50	25 ÷ 100	⩾ 37	⩾ 25	ГК	> 50
Орех	БО	20 ÷ 50	12,5 ÷ 25	13 ÷ 37	—	ГО	25 ÷ 50
Мелкий . . .	БМ	< 20	< 12,5	< 13	< 25	ГМ	0 ÷ 25
Рядовой . . .	БР	Не ограничен				—	—

Таблица 6-54. **Маркировка каменных углей**

Наименование марки	Обозначение	$V_г$, %	Примечание
Длиннопламенный . .	Д	$> 42{,}0$	При $V_г = 42 \div 44\%$, если $Q_г^б < 7900$ *ккал/кг*
Газовый	Г	$35{,}0 \div 44{,}0$	При $V_г = 42 \div 44\%$, если $Q_г^б \geq 7900$ *ккал/кг* и при $V_г = 35\%$, если $Q_г^б < 8300$ *ккал/кг*
Паровичный жирный. .	ПЖ	$26{,}0 \div 35{,}0$	Если $Q_г^б \geq 8300$ *ккал/кг*
Коксовый	К	$18{,}0 \div 26{,}0$	
Слабо спекающийся .	СС		
Паровичный спекающийся	ПС	$12{,}0 \div 18{,}0$	При спекшемся, сплавленном плотном или умеренно плотном коксе
Тощий	Т	$< 17{,}0$	При порошкообразном, спекшемся или слабо спекшемся коксовом остатке
Полуантрацит	ПА	$5 \div 10$	$Q_г^б > 8350$ *ккал/кг*
Паровичный жирный мытый	ПЖМ		
Промпродукт мокрого обогащения	ППМ		-
Промпродукт сухого обогащения	ППС		

Таблица 6-55. **Маркировка донецких антрацитов**

Наименование	Обозначение	Размер кусков, *мм*	Наименование	Обозначение	Размер кусков, *мм*
Плита	АП	≥ 100	Семечко	АС	$13 \div 6$
Кулак	АК	$100 \div 50$	Семечко со штыбом	АСШ	$\leqslant 13$
Орех	АО	$50 \div 25$	Штыб	АШ	$\leqslant 6$
Мелкий	АМ	$25 \div 13$	Рядовой со штыбом (без плиты) . . .	АРШ	< 100

Таблица 6-56. **Характеристики твердых топлив и мазута**

№ п/п	Район, бассейн, месторождение	Марка	$C_р$, %	$H_р$, %	$N_р$, %	$O_р$, %	$S^к_р$, %	$S^{орг}_р$, %	$Q^н_р$, ккал/кг	$Q^б_г$, ккал/кг
1	Дрова		30,3	3,6	0,4	25,1	—	—	2440	4850
2	Коксовая мелочь		62,6	1,4	1,0	1,9	1,1		5220	8000
3	Мазут, малосернистый . .		85,3	10,2	0,7		0,5		9310	10210
4	Мазут, высокосернистый .		83,4	10,0	0,4		2,9		9170	10060
	Сланцы[1]									
5	Ленинград. обл., Гдовское		19,3	2,5	0,1	3,1	1,0	0,3	2080	8870
6	Куйбышев. обл., Кашпирское		15,0	1,8	0,3	3,9	1,8	1,8	1510	7210
7	Саратов. обл., Озинское .		14,6	1,9	0,4	4,6	1,3	1,2	1470	7180
8	Саратов. обл., Савельевское		14,2	1,8	0,3	4,1	1,2	1,7	1430	7200
9	Эстонская ССР		25,0	3,2	0,1	4,0	1,1	0,4	2720	8940
10	Торф, кусковой		30,9	3,2	1,3	17,8		0,2	2560	5580
11	Торф, фрезерный		25,7	2,7	1,1	14,9		0,1	2030	5580
	Угли									
12	Башкир. АССР, Бабаевское	Б	26,7	2,5	0,2	8,3	0,3	0,4	2240	7050
13	Бурятская АССР, Гусиноозерское	Б	47,4	3,2	0,6	11,4	0,6		4240	7200
14	Грузинская ССР, Ахалцихское	Б	28,1	2,4	0,5	9,5	0,6	0,5	2470	6600
15	Грузинская ССР, Гелати	Б	34,2	2,5	0,7	9,5	1,5	0,5	3070	6800
16	Грузинская ССР, Ткварчельское . . .	ПЖ	44,1	3,3	0,9	5,7	1,3	0,5	4180	8000
17	Грузинская ССР, Ткибульское . . .	Г	48,0	3,6	0,9	8,4	0,7	0,7	4470	7650
18	Донбасс	Д	50,6	3,7	1,1	8,0	2,4	1,6	4840	7730
19	Донбасс	Г	62,1	4,2	1,2	6,4	1,9	1,4	5900	8100

продолжение на след. стр.

продолжение

Характеристики твердых топлив и мазута

$V_г$, %	β	$(RO_2)_{макс}$, %	$W_р$, %	$A_р$, %	$W_п^р$, %	$A_п^р$, %	Максимальная $W_р$, %	Максимальная $A_с$, %	Температура размягчения золы, °С	Коэффициент размолоспособности по ВТИ
85,0	0,035	20,3	40,0	0,6	16,4	0,25	45	—	—	—
6,0	0,045	20,1	20,0	12,0	3,83	2,30	30	30	1150÷1250	—
—	0,283	16,4	3,0	0,3	—	—	—	—	—	—
—	0,281	16,4	3,0	0,3	—	—	—	—	—	—
90	0,251	—	15,0	43,8+14,9	7,22	—	18,0	55+20	1200÷1500	2,48
80	0,189	—	20,0	45,8+9,6	13,22	—	25	65+13	1100÷1200	1,3
80	0,200	—	21,0	49,5+5,5	14,3	—	25	68+9	1000÷1500	
80	0,200	—	20,0	48,7+8,0	14,0	—	25	65+13	1150÷1300	1,0
90	0,248	—	15,0	37,4+13,8	5,62	—	18	50+18	1275÷1500	2,5
70	0,078	19,5	40,0	6,6	15,6	2,54	53	—	—	—
70	0,080	19,4	50,0	5,5	24,6	2,71	55	—	1000÷1500	—
63	0,129	18,6	52,0	9,6	23,2	4,28	60	30	1150÷1250	1,8
43	0,089	19,3	21,0	15,8	4,95	3,73	25	30	1050÷1350	1,29
49	0,100	19,1	20,0	38,4	8,1	15,5	—	—	1380	0,98
43	0,089	19,3	11,0	40,1	3.58	13,02	—	—	—	—
40	0,137	18,5	10,0	34,2	2,39	8,18	14	45	1500	1,41
43	0,130	18,6	11,0	26,7	2.46	5,98	15	40	1350÷1500	1,37
43	0,121	18,7	13,0	19,6	2,69	4,05	20	30	1050÷1400	1,13
39	0,127	18,6	7,0	15,8	1,29	2,68	12	15	1000÷1300	1,05

продолжение на след. стр.

№ п/п	Район, бассейн, месторождение	Марка	$C_р$, %	$H_р$, %	$N_р$, %	$O_р$, %	$S^к_р$, %	$S^{орг}_р$, %	$Q^н_р$, ккал/кг	$Q^б_г$, ккал/кг
20	Донбасс	ПЖ	62,4	3,8	1,1	4,3	3,6		5980	8400
21		Т	70,6	3,4	1,2	1,9	1,8	0,9	6550	8550
22		ПА	72,3	2,8	1,0	1,3	1,3	0,7	6470	8450
23		АМ, АС	76,4	1,5	0,8	1,3	1,0	0,7	6500	8150
24		АРШ	71,7	1,4	0,8	1,4	1,2	0,6	6100	8130
25		АШ	70,5	1,4	0,8	1,9	1,1	0,6	6010	8090
26		ППМ	38,6	2,6	0,8	3,1	3,3	0,5	3650	8050
27		Шлам	54,4	3,2	1,0	3,1	1,6	0,7	5070	8500
28	Иркутская обл., Черемховское	Д	50,0	3,7	1,0	8,8	0,5	0,5	4660	7700
29	Казахская ССР — Иртышское (Экибастуз)	СС	44,2	2,9	0,8	6,5	0,4	0,4	4030	7750
30	Кугимурунское	Б	37,7	2,8	0,6	9,4	1,5		3230	7000
31	Ленгеровское	Б	44,4	2,6	0,4	8,9	1,3	0,8	3850	7200
32	Карагандинский бассейн	ПЖ, ПС	57,0	3,4	0,9	5,4	0,8		5320	8250
33		Б	41,9	2,7	0,5	11,3	0,6		3620	6900
34	Кемеров. обл., Итатское	Б	32,9	2,3	0,3	10,6	0,6		2675	6600
35	Киргизская ССР — Кызыл-Кия	Б	46,0	2,6	0,6	10,3	1,4	0,4	4000	7100
36	Кок-Янчак	Д	52,7	3,5	0,7	9,5	1,2	0,4	4850	7600
37	Сулюкта	Б	51,7	2,7	0,5	11,6	0,5	1,0	4400	7000
38	Таш-Кумыр	Д	59,4	3,8	0,9	10,8	0,8		5450	7600
39	Краснояр. кр., Канское	Б	41,6	2,9	0,8	12,0	0,3	0,2	3570	6800
40	Краснояр. кр., Назаровское	Б	37,2	2,6	0,4	12,0	0,6		3060	6550
41	Кузнецкий бассейн — Анжеро-Судженское	ГС	74,0	3,5	1,5	1,7	0,6		6740	8600
42	Араличевское	Т	68,3	3,1	1,5	2,8	0,6		6130	8450
43	Кемеровское	К, ПС, СС	64,9	3,8	1,5	4,8	0,5		5990	8300

продолжение на след. стр.

Продолжение

$V_г$, %	з	$(RO_2)_{макс}$, %	$W^р$, %	$A^р$, %	$W^р_п$, %	$A^р_п$, %	Максимальная $W^р$, %	Максимальная $A_с$, %	Температура размягчения золы, °С	Коэффициент размолоспособности по ВТИ
32	0,123	18,7	6,0	18,8	1,0	3,15	10	30	1050 ÷ 1400	1,46
13	0,104	19,0	5,0	15,2	0,76	2,32	9	27	1100 ÷ 1400	1,80
8	0,086	19,3	5,5	15,1	0,85	2,33	10	27	1070 ÷ 1500	1,3
4	0,041	20,2	5,0	13,3	0,77	2,05	8	25	1030 ÷ 1400	0,85
4	0,041	20,2	6,0	16,9	0,98	2,77	10	27	1000 ÷ 1450	0,87
4	0,043	20,1	7,0	16,7	1,16	2,78	10	30	1000 ÷ 1450	0,95
30	0,135	18,5	11,0	40,1	3,01	11,0	15	30	1080 ÷ 1420	1,5
30	0,120	18,8	20,0	16,0	3,94	3,16	30	30	1100 ÷ 1350	—
45	0,124	18,7	14,0	21,5	3,0	4,62	18	30	1100 ÷ 1500	1,3
32	0,115	18,8	8,0	36,8	1,98	9,0	—	—	1375 ÷ 1500	1,3
50	0,100	19,1	35,0	13,0	10,81	4,02	—	—	1150	—
40	0,094	19,2	27,0	14,6	7,01	3,8	—	—	1050 ÷ 1200	1,43
28	0,114	18,8	7,5	25,0	1,41	4,7	12	32	1400 ÷ 1500	1,4
40	0,085	19,3	26,0	17,0	7,19	4,7	32	30	1160 ÷ 1240	1,26
49	0,069	19,6	45,0	8,3	16,8	3,1	—	—	1270	—
38	0,067	19,7	27,0	11,7	6,75	2,92	32	21	1030 ÷ 1300	1,46
37	0,102	19,1	15,0	17,0	3,10	3,51	20	18	1080 ÷ 1500	1,08
36	0,057	19,8	21,0	11,9	4,77	2,7	25	20	1120 ÷ 1360	1,3
37	0,095	19,2	13,0	11,3	2,38	2,07	13	18	1150 ÷ 1500	1,23
19	0,079	19,5	32,0	10,2	8,97	2,86	37	25	1100 ÷ 1375	1,24
18	0,069	19,6	40,0	7,2	13,08	2,35	—	—	1350	—
15	0,107	19,0	6,5	12,2	0,96	1,81	13	10	1200 ÷ 1500	1,6
11	0,097	19,0	7,0	16,7	1,14	2,72	9	22	1230 ÷ 1500	1,5
23 ÷ 31	0,119	18,8	9,0	15,5	1,5	2,59	13	22	1120 ÷ 1300	1,39

№ п/п	Район, бассейн, месторождение	Марка	$C_р$, %	$H_р$, %	$N_р$, %	$O_р$, %	$S^к_р$, %	$S^{орг}_р$, %	$Q^н_г$, $\frac{ккал}{кг}$	$Q^б_г$, $\frac{ккал}{кг}$
44	Кузнецкий бассейн. Кемеровское	ПС, Т	70,0	3.3	1,5	2,0	0,5		6360	8550
45	Ленинское	Д	67,2	4,7	2,0	10,7	0,4		6300	7800
46	Ленинское	Г	66,1	4,6	2,2	6,6	0,6		6240	8200
47	Прокопьевско-Киселевское	СС	71,0	4,5	2,0	7,7	0,4		6640	8100
48	Прокопьевско-Киселевское	СС	73,2	3,9	1,8	4,4	0,4		6770	8400
49	Прокопьевско-Киселевское	СС	74,2	3,6	1,8	3,0	0,4		6830	8450
50	Прокопьевско-Киселевское	ППС	60,4	3,6	1,8	4,7	0,5		5660	8300
51	Печорский бассейн	ПЖ	62,5	3.9	1,7	5,4	0,4	0,5	5930	8350
52	Печорский бассейн	Д	47,4	3,2	1,3	9,7	1,9	0,6	4340	7250
53	Подмосковный бассейн	Б	29,1	2,2	0,6	8,7	1,7	1,2	2510	6650
54	Приморский край. Артемовское	Б	35,5	2,9	0,8	10,9	0,3		3120	6850
55	Ворошиловское	СС	46,3	3.0	0,6	5,0	0,2		4310	8200
56	Липовецкое	Д	48,6	3,8	0,6	10,7	0,3		4530	7500
57	Подгородненское	Т	49,9	2,6	0,6	3,6	0,3		4520	8250
58	Сучанское	Г	54,7	3.4	0,9	5,6	0,5		5030	8100
59	Сучанское	ПЖ	61,9	3,6	1.0	5,5	0,4		5720	8250
60	Сучанское	Т	63,5	2,8	0,7	3,1	0,4		5720	8400
61	Тавричанское	Б	47,7	3,5	1,0	11,8	0,5		4350	7200
62	Таджик. ССР, Шурабское	Б	46,7	2,5	0,5	11,0	0,7		3950	6900
63	Узбекск. ССР, Ангренское	Б	41,9	2,0	0,4	8,3	0,7	0,7	3450	7050
64	Украинская ССР. Александрийское, Звенигородское, Коростышевское	Б	21,1	1,9	0,2	7,1	0,7	1,9	1650	6400

продолжение на след. стр.

Продолжение

$V_г$, %	β	$(RO_2)_{макс}$, %	$W_р$, %	$A_р$, %	$W^р_п$, %	$A^р_п$, %	Максимальная		Температура размягчения золы, °С	Коэффициент размолоспособности по ВТИ
							$W_р$, %	$A_с$, %		
11÷18	0,103	19,0	8,0	14,7	1,26	2,31	11	26	1120÷1490	—
40	0,153	15,2	10,0	5,0	1,59	0,79	—	—	1050÷1300	—
39	0,140	18,4	9,0	10,0	1,44	1,6	12	15	1100÷1370	1,23
26÷35	0,118	18,8	7,0	7,4	1,05	1,11	10	12	—	1,99
18÷25	0,108	20,0	6,0	10,3	0,89	1,52	9	21	1240÷1500	1,70
11÷17	0,103	19,0	5,0	11,4	0,73	1,67	8	16	—	—
21÷31	0,118	18,8	4,0	25,0	0,71	4,41	7	35	1130÷1500	1,22
31	0,121	18,8	7,0	18,6	1,18	3,14	12	33	1100÷1300	1,4
39	0,097	19,1	11,0	24,9	2,54	5,75	15	35	1080÷1200	1,15
45	0,084	19,3	33,0	23,5	13,1	9,36	37	45	1050÷1500	1,75
49	0,102	19,1	28,0	21,6	8,97	7,93	32	35	1100÷1450	0,92
25	0,126	18,6	5,0	39,9	1,16	9,27	—	—	1500	1,35
50	0,119	18,8	8,5	27,5	1,78	6,07	—	—	—	—
17	0,109	18,9	5,0	38,0	1,1	8,4	—	—	1230÷1500	1,06
35	0,116	18,8	7,0	27,9	1,39	5,55	—	—	—	—
29	0,112	18,9	6,0	21,6	1,05	3 78	10	30	1250÷1500	—
11	0,090	19,3	6,0	23,5	1,05	4,11	10	30	1100÷1450	1,31
45	0,100	18,9	14,0	21,5	3,22	4,95	17	30	1100÷1500	0,92
35	0,040	20,2	26,0	12,6	6,58	3,19	32	25	1100÷1400	1,35
34	0,051	20,0	35,0	11,0	11,4	3,19	40	25	1100÷1360	1,9
60	0,120	18,7	53,0	14,1	32,1	8,55	60	40	1100÷1500	1,24

продолжение на след. стр.

№ п/п	Район, бассейн, месторождение	Марка	$C_р$, %	$H_р$, %	$N_р$, %	$O_р$, %	$S^к_р$, %	$S^{орг}_р$, %	$Q^н_р$, ккал/кг	$Q^б_г$, ккал/кг
65	Украинская ССР — Золочевское	Б	23,2	2,3	0,4	9,6	1,2	2,4	2420	6450
66	Коломыйское	Б	37,8	3,1	0,6	10,9	2,4	1,2	3410	6700
67	Львовско-Волынское	Г	51,0	3,5	0,9	7,7	0,5	0,5	4950	7800
68	Мукачевское	Б	19,6	1,8	0,3	8,1	0,4		1500	6200
69	Урал — Богословское	Б	34,3	2,4	0,6	12,8	0,3		2840	6250
70	Буланашское	Г	58,0	4,0	1,1	7,8	0,5	0,6	5460	8000
71	Егоршинское	А	66,7	2,7	1,0	3,3	0,4		5880	8200
72	Кизеловское	Г	50,9	3,7	0,8	4,7	3,2	1,9	4970	8150
73	Кизеловское	Д	51,7	3,8	0,9	7,0	4,6		5000	7850
74	Кизеловское	ПП,М	37,9	2,9	0,9	2,2	8,0	1,5	3860	8000
75	Челябинское	Б	41,8	3,0	1,0	11,1	0,7	0,5	3770	7000
76	Хабаровский край — Кивдинское	Б	38,8	2,1	0,6	8,1	0,2		2840	6400
77	Райчихинское	Б	37,8	2,3	0,5	12,7	0,2		3070	6400
78	Ургальское (Бурея)	Г	50,9	3,8	0,8	7,8	0,3		4860	8000
79	Хакасская авт. обл., Минусинское	Д	67,9	4,8	1,9	1,4	0,2	0,4	6340	7700
80	Читинская обл. — Арабагарское	Б	42,6	2,9	0,8	13,0	0,2	0,5	3720	6750
81	Букачачинское	Г	65,6	4,4	0,9	8,5	0,6		6140	8050
82	Букачачинское	Д	60,8	4,3	0,9	11,5	0,5		5610	7600
83	Тарбагатайское	Б	45,5	3,1	0,8	8,4	3,1	0,6	4050	7150
84	Черновское	Б	44,7	3,0	0,8	10,6	0,5		3910	7200

Примечание к табл. 6-56. [1]) Для сланцев в графах $A_р$ и $A_с$ первое слагаемое — зола, второе — минеральная углекислота.

Продолжение

$V_г$, %	β	$(RO_2)_{макс}$, %	$W_р$, %	$A_р$, %	$W^р_п$, %	$A^р_п$, %	Максимальная		Температура размягчения золы, °С	Коэффициент размолоспособности по ВТИ
							$W_р$, %	$A_с$, %		
57	0,088	19,3	37,0	18,9	15,3	7,81	45	40	1060 ÷ 1180	1,45
53	0,105	19,0	20,0	24,0	5,87	7,04	—	—	1050	—
38,5	0,110	18,9	10,5	22,4	2,12	4,52	—	—	1180	—
60	0,093	19,2	45,0	24,8	30,0	16,5	—	—	1200 ÷ 1400	0,85
48	0,052	19,9	28,0	21,6	9,86	7,6	33	35	1100 ÷ 1500	1,1
40	0,122	18,7	10,0	18,0	1,83	3,33	15	—	1275	1,33
9	0,080	19,4	5,0	29,0	0,85	4,93	9	30	1500	1,45
44	0,139	18,4	5,5	29,3	1,1	5,9	10	40	1150 ÷ 1500	1,0
45	0,125	18,7	5,5	26,5	1,1	5,3	10	37	1300 ÷ 1500	—
44	0,150	18,3	11,0	35,6	2,85	9,22	15	45	1140	—
43	0,092	19,2	17,0	24,9	4,51	6,61	24	40	1100 ÷ 1350	1,15
41	0,044	20,1	37,0	13,2	13,0	4,65	42	30	1100 ÷ 1250	1,25
43	0,043	20,1	37,0	9,5	12,0	3,1	45	21	1130 ÷ 1300	1,37
42	0,130	18,6	5,0	31,4	1,03	6,45	8	40	1400 ÷ 1500	0,8
42	0,161	18,1	13,0	10,4	2,05	1,64	20	20	1200 ÷ 1350	0,88
45	0,080	19,4	25,0	15,0	6,72	4,03	30	30	1150 ÷ 1175	0,97
38	0,114	18,8	8,0	12,0	1,3	1,96	12	20	1150 ÷ 1500	1,35
42	0,110	18,9	12,0	10,0	2,14	1,78	17	15	1100 ÷ 1250	—
43	0,091	19,2	25,0	13,5	6,17	3,34	30	25	1040 ÷ 1330	1,02
12	0,091	19,2	33,0	7,4	8,45	1,89	40	18	1100 ÷ 1200	1,2

Примечание к табл. 6-56. [1]) Для сланцев в графах $A_р$ и $A_с$ первое слагаемое — зола, второе — минеральная углекислота.

Таблица 6-57. Объемы воздуха и продуктов сгорания в *нм³/кг* твердых топлив и мазута при $\alpha = 1$

В таблице 6-57 приведены объемы воздуха и продуктов сгорания топлив, указанных в таблице 6-56. В первой графе таблицы 6-57 дан порядковый номер топлива, который оно имеет в таблице 6-56.

Если влажность или зольность топлива, для которого ведется расчет, отличается от указанных в таблице 6-56, то данные табл. 6-57 подлежат пересчету. Объемы воздуха V_0, трехатомных газов $V^0_{RO_2}$, азота $V^0_{N_2}$ и сухих продуктов сгорания $V^0_{с.г}$ умножаются на коэффициент

$$k = [100 - (W_р + A_р)_{табл}]/[100 - (W_р + A_р)_{действ}].$$

Объем водяных паров в *нм³/кг* определяется по формуле

$$(V^0_{H_2O})_{действ} = k\left[(V^0_{H_2O})_{табл} - 0{,}0124(W_р)_{табл}\right] + 0{,}0124(W_р)_{действ}.$$

№ п/п	$\frac{L_0, кГ}{кг}$	V_0	$V^0_{RO_2}$	$V^0_{N_2}$	$V^0_{H_2O}$	$V^0_{с.г}$	$V^0_г$
1	3,64	2,81	0,56	2,22	0,94	2,78	3,72
2	7,64	5,91	1,18	4,68	0,50	5,86	6,36
3	13,32	10,30	1,60	8,14	1,34	9,74	11,08
4	13,14	10,16	1,58	8,03	1,31	9,61	10,92
5	3,00	2,32	0,43[1])	1,83	0,50	2,26	2,76
6	2,33	1,80	0,35[1])	1,42	0,48	1,77	2,25
7	2,24	1,73	0,31[1])	1,37	0,50	1,68	2,18
8	2,20	1,70	0,32[1])	1,34	0,48	1,66	2,14
9	3,86	2,99	0,54[1])	2,36	0,59	2,90	3,49
10	3,89	3,01	0,58	2,39	0,90	2,97	3,87
11	3,24	2,51	0,48	1,99	0,96	2,47	3,43
12	3,60	2,78	0,50	2,20	0,97	2,70	3,67
13	6,08	4,70	0,89	3,72	0,69	4,61	5,30
14	3,69	2,89	0,53	2,26	0,56	2,79	3,35
15	4,47	3,45	0,65	2,73	0,47	3,38	3,85
16	6,03	4,67	0,84	3,69	0,57	3,53	5,10
17	6,45	4,99	0,91	3,95	0,62	4,86	5,48
18	6,91	5,35	0,97	4,23	0,66	5,20	5,86
19	8,45	6,53	1,18	5,17	0,66	6,35	7,01
20	8,45	6,53	1,19	5,17	0,60	6,36	6,96
21	9,32	7,21	1,34	5,70	0,56	7,04	7,60
22	9,30	7,20	1,36	5,69	0,50	7,05	7,55
23	9,32	7,21	1,44	5,70	0,34	7,14	7,48
24	8,74	6,76	1,35	5,35	0,34	6,70	7,04
25	8,58	6,63	1,33	5,25	0,35	6,58	6,92
26	5,36	4,15	0,75	3,28	0,49	4,03	4,52
27	7,32	5,66	1,03	4,48	0,70	5,51	6,21
28	6,68	5,17	0,94	4,09	0,67	5,03	5,70
29	5,95	4,60	0,85	3,64	0,48	4,49	4,97
30	4,95	3,83	0,71	3,03	0,81	3,74	4,55
31	5,70	4,41	0,84	3,49	0,70	4,33	5,03
32	7,52	5,82	1,07	4,60	0,56	5,67	6,23
33	5,28	4,09	0,79	3,23	0,69	4,02	4,71
34	4,14	3,20	0,62	2,53	0,86	3,15	4,01

Продолжение

№ п/п	L_0, $\frac{кГ}{кг}$	V_0	$V^0_{RO_2}$	$V^0_{N_2}$	$V^0_{H_2O}$	$V^0_{с.г}$	$V^0_г$
35	5,81	4,50	0,87	3,56	0,70	4,43	5,13
36	6,92	5,35	1,00	4,23	0,66	5,23	5,89
37	6,40	4,95	0,97	3,91	0,64	4,88	5,52
38	7,70	5,96	1,11	4,71	0,68	5,82	6,50
39	5,28	4,09	0,78	3,23	0,79	4,01	4,80
40	4,68	3,62	0,70	2,86	0,84	3,56	4,40
41	9,66	7,47	1,39	5,91	0,59	7,30	7,89
42	8,82	6,82	1,28	5,40	0,54	6,68	7,22
43	8,58	6,64	1,22	5,25	0,64	6,47	7,11
44	9,12	7,05	1,31	5,58	0,58	6,89	7,47
45	8,89	6,88	1,26	5,45	0,76	6,71	7,47
46	8,92	6,90	1,24	5,47	0,73	6,71	7,44
47	9,39	7,26	1,33	5,75	0,70	7,08	7,78
48	9,58	7,41	1,37	5,87	0,63	7,24	7,87
49	9,72	7,52	1,40	5,95	0,58	7,35	7,93
50	8,00	6,19	1,13	4,90	0,55	6,03	6,58
51	8,33	6,44	1,17	5,10	0,62	6,27	6,89
52	6,24	4,82	0,90	3,82	0,57	4,72	5,29
53	3,85	2,98	0,56	2,36	0,70	2,92	3,62
54	4,62	3,57	0,66	2,83	0,73	3,49	4,22
55	6,15	4,75	0,87	3,76	0,47	4,63	5,10
56	6,44	4,98	0,91	3,94	0,61	4,85	5,46
57	6,49	5,02	0,93	3,97	0,43	4,90	5,33
58	7,23	5,60	1,02	4,43	0,56	5,45	6,01
59	8,13	6,29	1,16	4,98	0,58	6,14	6,72
60	8,15	6,30	1,19	4,98	0,49	6,17	6,66
61	6,20	4,79	0,89	3,79	0,64	4,68	5,32
62	5,78	4,47	0,88	3,54	0,68	4,42	5,10
63	5,21	4,03	0,79	3,18	0,72	3,97	4,69
64	2,88	2,23	0,41	1,76	0,90	2,17	3,07
65	3,77	2,92	0,55	2,31	0,76	2,86	3,62
66	5,09	3,94	0,73	3,12	0,66	3,85	4,51
67	7,12	5,50	0,68	4,35	0,61	5,03	5,64
68	2,56	1,98	0,37	1,56	0,79	1,93	2,72
69	4,23	3,27	0,64	2,59	0,67	3,23	3,90
70	7,75	5,99	1,09	4,74	0,66	5,83	6,49
71	8,47	6,55	1,25	5,18	0,47	6,43	6,90
72	7,14	5,52	0,99	4,37	0,57	5,36	5,93
73	7,14	5,52	1,00	4,37	0,58	5,37	5,95
74	5,67	4,38	0,77	3,47	0,53	4,24	4,77
75	5,41	4,18	0,79	3,31	0,61	4,10	4,71
76	4,84	3,74	0,73	2,96	0,75	3,69	4,44
77	4,60	3,56	0,71	2,81	0,77	3,52	4,29
78	6,83	5,28	0,95	4,18	0,57	5,13	5,70
79	9,42	7,28	1,27	5,77	0,81	7,04	7,85
80	5,36	4,15	0,80	3,23	0,70	4,08	4,78
81	8,71	6,74	1,23	5,33	0,70	6,56	7,26
82	7,99	6,18	1,14	4,89	0,73	6,03	6,76
83	6,09	4,71	0,88	3,73	0,73	4,61	5,34
84	5,73	4,43	0,84	3,51	0,81	4,35	5,16

Примечание к табл. 6-57. [1]) Коэффициент разложения карбонатов принят равным 1.

Таблица 6-58. Расход тепла в *ккал* на нагревание от 0 до *t* °С воздуха, необходимого для сгорания 1 *кг* твердых топлив и мазута при $\alpha = 1$

В первой графе табл. 6-58 указан порядковый номер, который имеет топливо в табл. 6-56. Если влажность или зольность топлива, для которого ведется расчет, отличаются от указанных в табл. 6-56, то данные табл. 6-58 необходимо умножить на коэффициент

$$k = \frac{100 - (W_р + A_р)_{табл}}{100 - (W_р + A_р)_{действ}}$$

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	89	179	271	364	460	558	657	759	862	966	1072	1178	1286	1395	1504	1614	1725	1836	1948	2060
2	187	376	569	765	966	1171	1381	1594	1810	2029	2252	2476	2703	2931	3161	3393	5625	3857	4093	4328
3	325	654	989	1330	1680	2037	2402	2772	3148	3528	3915	4304	4699	5097	5496	5899	6302	6706	7116	7526
4	321	646	976	1313	1658	2011	2371	2736	3107	3483	3865	4249	4639	5031	5426	5823	6222	6620	7025	7429
5	73	148	223	300	379	460	542	625	710	796	883	971	1060	1150	1240	1331	1422	1513	1606	1698
6	57	115	173	233	294	357	421	485	551	618	686	754	823	893	963	1033	1104	1175	1246	1318
7	56	110	167	224	283	343	405	467	531	595	660	725	792	859	926	994	1062	1130	1199	1268
8	54	108	164	220	278	337	397	459	521	584	648	712	777	843	909	976	1042	1109	1177	1245
9	95	190	287	386	488	592	698	806	915	1025	1138	1251	1365	1481	1597	1714	1831	1948	2067	2186
10	95	192	290	390	492	597	703	812	922	1033	1147	1261	1376	1493	1610	1728	1846	1964	2084	2204
11	79	160	241	324	410	495	586	676	768	861	955	1050	1146	1243	1341	1439	1537	1636	1736	1836
12	88	177	268	360	455	552	650	751	852	955	1060	1166	1272	1380	1488	1597	1707	1816	1927	2038
13	149	299	452	609	769	932	1099	1268	1440	1615	1792	1964	2150	2332	2515	2699	2884	3069	3256	3444
14	90	182	275	369	467	566	667	770	874	980	1088	1196	1305	1416	1527	1639	1751	1863	1977	2090
15	109	220	332	447	564	684	807	931	1058	1185	1315	1446	1579	1712	1847	1982	2117	2253	2391	2528
16	148	297	449	604	763	925	1091	1259	1429	1602	1778	1955	2134	2314	2496	2679	2862	3045	3231	3417
17	158	317	480	645	815	989	1166	1345	1528	1712	1900	2089	2281	2473	2667	2863	3059	3255	3453	3652
18	169	340	514	692	874	1060	1249	1442	1637	1835	2036	2239	2444	2651	2859	3068	3278	3488	3701	4914
19	207	416	628	845	1067	1294	1526	1761	2000	2242	2488	2735	2986	3239	3493	3748	4005	4262	4522	4782
20	207	416	628	845	1067	1295	1526	1762	2001	2242	2488	2736	2987	3239	3493	3749	4005	4262	4523	4783
21	228	458	693	932	1177	1428	1684	1943	2207	2474	2745	3017	3294	3573	3853	4135	4418	4701	4989	5276
22	228	458	692	931	1176	1426	1681	1940	2204	2470	2741	3013	3290	3568	3847	4129	4412	4695	4982	5268

Продолжение

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
23	228	458	693	932	1178	1428	1684	1943	2207	2474	2745	3018	3295	3573	3853	4136	4419	4702	4989	5276
24	214	430	650	875	1105	1340	1580	1824	2071	2321	2576	2832	3092	3353	3616	3881	4147	4412	4682	4951
25	210	422	638	858	1084	1315	1550	1789	2032	2278	2527	2778	3033	3290	3548	3807	4069	4329	4593	4857
26	131	264	399	536	677	821	969	1118	1270	1423	1579	1736	1895	2056	2217	2379	2542	2705	2870	3035
27	179	360	544	732	925	1121	1322	1526	1733	1942	2155	2370	2587	2806	3026	3247	3469	3692	3917	4143
28	163	329	497	669	844	1024	1207	1393	1583	1774	1968	2164	2362	2562	2763	2965	3168	3371	3578	3783
29	146	293	443	596	752	912	1076	1242	1410	1581	1754	1928	2105	2283	2462	2642	2823	3004	3188	3371
30	119	239	362	486	614	745	878	1013	1150	1290	1430	1573	1716	1861	2006	2153	2300	2448	2596	2746
31	140	281	424	571	721	874	1031	1190	1351	1514	1680	1847	2017	2187	2359	2532	2705	2878	3052	3230
32	184	370	560	753	951	1153	1359	1569	1782	1997	2216	2436	2660	2885	3111	3339	3567	3796	4027	4259
33	129	260	393	529	668	810	955	1102	1251	1402	1556	1711	1868	2026	2185	2345	2505	2665	2828	2991
34	100	200	302	406	513	622	733	846	961	1077	1195	1314	1434	1554	1676	1799	1921	2045	2169	2294
35	142	286	433	582	735	891	1051	1213	1377	1544	1713	1883	2056	2230	2405	2581	2758	2934	3114	3293
36	163	357	515	693	874	1060	1250	1443	1639	1837	2038	2241	2446	2653	2861	3070	3280	3491	3704	3917
37	156	315	476	640	808	980	1156	1334	1515	1698	1884	2071	2261	2453	2645	2839	3033	3227	3424	3621
38	188	379	573	771	973	1181	1392	1607	1825	2045	2269	2495	2724	2954	3186	3419	3653	3887	4124	4362
39	129	260	393	529	668	810	955	1102	1251	1402	1556	1711	1868	2026	2185	2345	2505	2665	2828	2991
40	112	226	341	459	580	703	829	956	1086	1218	1350	1485	1620	1757	1894	2032	2171	2311	2451	2593
41	263	475	719	967	1221	1480	1746	2015	2288	2565	2846	3128	3415	3704	3995	4287	4581	4874	5172	5470
42	216	434	656	883	1115	1352	1594	1840	2089	2342	2600	2857	3119	3383	3648	3915	4183	4451	4723	4995
43	210	422	638	859	1084	1315	1550	1789	2032	2278	2528	2779	3034	3290	3548	3808	4068	4329	4594	4858
44	223	449	678	912	1152	1397	1647	1901	2159	2420	2685	2952	3223	3496	3770	4046	4322	4600	4881	5161
45	218	438	661	890	1124	1363	1607	1855	2106	2361	2620	2880	3144	3410	3678	3917	4217	4487	4761	5035
46	218	439	663	892	1127	1366	1611	1859	2112	2367	2627	2888	3153	3419	3687	3957	4228	4499	4774	5049
47	230	462	699	940	1187	1439	1697	1958	2224	2493	2766	3041	3320	3601	3883	4168	4453	4739	5028	5317
48	234	471	713	959	1211	1468	1731	1998	2269	2544	2822	3103	3387	3674	3962	4252	4543	4834	5130	5425
49	238	478	723	973	1229	1490	1757	2027	2303	2581	2864	3149	3437	3728	4023	4315	4610	4906	5205	5505
50	196	394	595	800	1011	1226	1445	1668	1894	2123	2356	2590	2828	3067	3308	3550	3793	4036	4282	4529
51	204	410	620	834	1053	1277	1505	1737	1973	2212	2454	2698	2945	3195	3445	3697	3950	4203	4460	4717
52	153	307	464	624	788	956	1127	1301	1477	1656	1837	2020	2205	2392	2579	2768	2958	3147	3339	3531
53	94	189	286	385	486	590	695	803	911	1022	1133	1246	1361	1476	1691	1708	1825	1942	2061	2179

Продолжение

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
54	113	227	343	462	584	708	834	963	1094	1226	1360	1496	1633	1771	1910	2049	2190	2330	2473	2615
55	150	302	357	615	777	942	1110	1282	1455	1631	1810	1990	2173	2357	2541	2727	2914	3101	3290	3479
56	158	317	479	645	814	987	1164	1344	1526	1710	1898	2086	2278	2470	2664	2859	3055	3251	3449	3648
57	159	319	482	649	820	994	1172	1353	1536	1722	1910	2100	2293	2487	2682	2878	3075	3272	3472	3672
58	177	356	538	724	914	1109	1307	1509	1714	1921	2131	2343	2558	2774	2992	3211	3432	3651	3874	4097
59	199	400	605	814	1028	1246	1469	1696	1926	2159	2395	2633	2875	3118	3363	3609	3856	4103	4354	4604
60	199	401	606	815	1029	1248	1472	1699	1929	2162	2399	2638	2880	3124	3368	3615	3862	4110	4361	4612
61	152	305	461	620	783	950	1120	1292	1468	1645	1826	2007	2191	2376	2563	2750	2939	3127	3318	3509
62	142	285	430	579	731	886	1045	1206	1370	1535	1704	1873	2045	2218	2392	2567	2742	2918	3096	3274
63	127	256	387	521	658	798	941	1086	1233	1382	1534	1686	1841	1996	2153	2311	2469	2627	2788	2948
64	71	149	222	296	372	449	521	601	683	766	849	934	1020	1106	1193	1280	1368	1455	1544	1633
65	92	186	281	377	477	578	682	787	893	1001	1111	1222	1334	1447	1560	1674	1789	1903	2020	2136
66	125	251	373	510	644	781	920	1062	1206	1352	1501	1650	1801	1953	2106	2261	2415	2570	2727	2884
67	171	343	520	699	883	1070	1262	1456	1654	1853	2056	2260	2467	2674	2883	3094	3305	3519	3732	3947
68	62	125	189	254	321	389	459	530	602	674	748	823	898	974	1050	1127	1204	1282	1360	1438
69	103	208	315	423	534	648	764	882	1002	1123	1246	1369	1495	1622	1749	1877	2005	2134	2264	2394
70	190	381	577	776	979	1188	1401	1617	1836	2058	2283	2510	2741	2972	3205	3440	3675	3911	4150	4388
71	207	417	630	848	1070	1298	1531	1766	2006	2249	2495	2743	2995	3248	3503	3759	4016	4274	4535	4796
72	175	351	531	714	902	1094	1290	1488	1690	1895	2102	2311	2523	2737	2951	3168	3384	3601	3821	4041
73	175	351	531	715	903	1095	1291	1490	1692	1896	2104	2314	2526	2739	2954	3170	3387	3605	3825	4045
74	139	279	421	567	716	868	1024	1181	1342	1504	1669	1835	2003	2173	2343	2514	2686	2859	3033	3208
75	132	266	402	541	684	829	977	1128	1281	1436	1594	1752	1913	2074	2236	2401	2565	2729	2896	3063
76	118	238	360	485	612	742	875	1010	1147	1285	1426	1568	1712	1857	2002	2149	2296	2443	2592	2741
77	112	226	342	460	581	705	831	959	1089	1220	1354	1489	1625	1763	1901	2040	2180	2320	2461	2603
78	167	336	508	684	863	1047	1235	1425	1618	1814	2013	2213	2415	2620	2825	3032	3230	3447	3658	3868
79	230	463	701	942	1190	1443	1702	1964	2231	2500	2774	3050	3330	3611	3895	4180	4466	4752	5042	5333
80	131	264	399	537	678	822	969	1118	1270	1424	1580	1737	1896	2057	2218	2380	2543	2706	2871	3036
81	213	429	648	872	1101	1335	1574	1816	2063	2312	2566	2821	3079	3340	3602	3865	4130	4395	4663	4931
82	195	393	594	800	1010	1225	1444	1666	1892	2121	2354	2588	2825	3064	3304	3546	3789	4032	4278	4524
83	149	300	453	610	770	934	1106	1271	1443	1617	1795	1973	2154	2336	2519	2704	2889	3074	3282	3449
84	140	282	426	574	724	879	1036	1196	1358	1522	1689	1857	2027	2198	2371	2544	2718	2893	3069	3246

Таблица 6-59. **Расход тепла в *ккал* на нагревание продуктов сгорания 1 *кг* твердых топлив и мазута при $\alpha = 1$ от 0 до t °С**

В первой графе табл. 6-59 указан порядковый номер, который топливо имеет в табл. 6-56. Расход тепла, необходимого для нагревания продуктов сгорания, изменяется пропорционально изменению объема газов, а именно:

$$\left(Q_г^0\right)_{действ} = \left(Q_г^0\right)_{табл} \frac{\left(V_г^0\right)_{действ}}{\left(V_г^0\right)_{табл}}$$

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	126	255	388	525	667	812	960	1113	1268	1427	1588	1751	1916	2084	2253	2423	2595	2768	2942	3117
2	211	427	650	880	1116	1358	1607	1860	2118	2381	2647	2916	3187	3463	3738	4016	4297	4578	4861	5145
3	365	738	1121	1516	1921	2337	2763	3198	3641	4092	4550	5012	5479	5954	6429	6908	7393	7878	8368	8859
4	360	728	1107	1496	1895	2306	2727	3156	3592	4038	4489	4946	5407	5875	6344	6817	7294	7774	8257	8741
5	93	189	287	388	492	599	709	821	935	1051	1169	1289	1410	1533	1656	1780	1906	2032	2159	2286
6	76	154	234	316	401	488	577	669	762	857	954	1051	1150	1251	1351	1453	1556	1659	1764	1868
7	73	149	226	306	388	473	559	648	738	830	923	1018	1114	1211	1309	1408	1508	1608	1709	1810
8	72	146	222	301	381	464	549	636	725	815	907	1000	1094	1190	1286	1383	1480	1579	1678	1778
9	117	237	360	486	617	750	888	1028	1171	1317	1465	1614	1765	1919	2073	2228	2385	2543	2702	2861
10	130	264	401	542	687	837	990	1147	1307	1470	1636	1804	1974	2147	2320	2495	2672	2849	3029	3209
11	116	235	357	483	612	746	883	1022	1161	1311	1459	1610	1762	1916	2072	2239	2387	2547	2708	2870
12	123	250	380	515	653	794	940	1089	1241	1396	1554	1713	1875	2039	2204	2371	2539	2709	2880	3051
13	176	358	544	736	933	1135	1343	1555	1771	1991	2215	2440	2668	2900	3132	3366	3602	3840	4079	4319
14	112	227	345	466	592	720	852	986	1123	1263	1405	1549	1694	1841	1989	2138	2289	2440	2593	2746
15	128	260	395	535	678	825	976	1130	1287	1447	1610	1773	1939	2107	2276	2445	2617	2789	2963	3137
16	169	342	520	704	893	1086	1284	1487	1693	1903	2116	2332	2549	2770	2991	3214	3439	3665	3893	4122
17	182	368	559	756	959	1167	1380	1598	1819	2046	2275	2506	2740	2977	3215	3455	3697	3940	4185	4431
18	195	394	599	811	1028	1251	1479	1713	1950	2192	2438	2686	2936	3191	3446	3702	3962	4222	4485	4748
19	232	470	715	967	1226	1492	1765	2043	2326	2614	2907	3202	3500	3804	4106	4412	4721	5031	5343	5656
20	230	467	710	960	1218	1482	1752	2028	2309	2595	2886	3179	3474	3775	4076	4379	4685	4992	5302	5613
21	251	509	775	1048	1329	1617	1912	2213	2519	2832	3148	3468	3790	4118	4446	4776	5109	5444	5781	6119
22	250	507	771	1042	1322	1609	1902	2202	2507	2818	3133	3450	3771	4098	4423	4751	5082	5415	5750	6086

Продолжение

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
23	248	502	764	1034	1312	1596	1888	2185	2488	2796	3109	3424	3741	4064	4387	4712	5041	5370	5702	6034
24	233	473	719	973	1234	1502	1777	2057	2341	2631	2926	3222	3521	3825	4129	4435	4744	5054	5366	5679
25	229	465	708	958	1215	1478	1749	2024	2304	2540	2879	3171	3465	3765	4064	4365	4669	4975	5282	5590
26	138	278	420	565	713	865	1020	1177	1336	1498	1662	1827	1995	2164	2333	2504	2675	2847	3021	3195
27	206	417	635	858	1088	1324	1566	1813	2065	2321	2581	2844	3109	3379	3649	3920	4195	4471	4749	5028
28	189	383	583	788	999	1216	1438	1665	1896	2132	2371	2612	2855	3103	3351	3601	3854	4107	4363	4619
29	165	334	508	687	872	1060	1254	1452	1653	1858	2067	2276	2488	2704	2920	3137	3356	3577	3799	4021
30	152	308	468	633	803	977	1157	1339	1526	1752	1908	2103	2300	2499	2701	2904	3109	3314	3520	3729
31	168	340	516	699	886	1079	1276	1477	1682	1892	2104	2319	2535	2756	2977	3199	3424	3650	3877	4106
32	207	419	636	861	1092	1328	1571	1819	2070	2327	2588	2851	3116	3386	3656	3927	4202	4478	4756	5034
33	157	318	484	655	831	1011	1196	1385	1577	1774	1973	2174	2377	2584	2790	3000	3211	3423	3637	3851
34	135	273	415	562	712	867	1026	1188	1354	1523	1694	1868	2044	2221	2401	2582	2765	2948	3133	3319
35	171	346	527	713	904	1101	1302	1507	1717	1930	2147	2366	2587	2812	3037	3264	3493	3724	3956	4189
36	196	396	603	815	1034	1258	1488	1723	1962	2206	2453	2702	2954	3210	3467	3725	3986	4249	4513	4778
37	184	373	567	767	973	1184	1400	1621	1846	2076	2309	2544	2781	3023	3264	3508	3754	4001	4250	4500
38	216	438	666	900	1142	1389	1644	1903	2166	2435	2708	2984	3261	3544	3827	4112	4401	4690	4981	5273
39	160	325	494	668	848	1032	1221	1414	1610	1811	2014	2220	2428	2639	2851	3065	3281	3498	3717	3936
40	178	361	548	740	938	1140	1349	1561	1778	1997	2221	2447	2676	2907	3141	3376	3613	3851	4091	4332
41	261	529	804	1088	1380	1679	1986	2298	2616	2941	3270	3602	3936	4277	4617	4960	5307	5656	6004	6356
42	239	485	737	997	1264	1538	1819	2105	2397	2694	2995	3300	3606	3918	4230	4544	4862	5180	5501	5822
43	235	477	725	981	1244	1514	1790	2072	2359	2652	2949	3249	3551	3858	4166	4476	4789	4103	5419	5737
44	247	501	762	1031	1307	1591	1881	2177	2479	2787	3098	3413	3730	4052	4375	4700	5028	5358	5690	6022
45	247	514	762	1031	1307	1590	1881	2177	2479	2787	3099	3414	3732	4056	4379	4650	5035	5365	5699	6032
46	246	499	759	1026	1301	1583	1872	2167	2467	2773	3084	3397	3713	4035	4355	4681	5009	5337	5669	6001
47	258	522	794	1074	1362	1658	1960	2269	2583	2904	3229	3557	3888	4225	4562	4901	5244	5588	5934	6282
48	260	528	802	1085	1376	1674	1980	2292	2609	2933	3261	3592	3925	4265	4604	4947	5292	5639	5989	6339
49	263	532	809	1094	1388	1689	1997	2312	2632	2958	3289	3623	3960	4302	4644	4989	5338	5687	6039	6392
50	218	441	671	908	1151	1400	1656	1917	2182	2453	2728	3004	3284	3568	3852	4138	4428	4718	5010	5303
51	228	463	704	952	1207	1469	1738	2011	2289	2574	2862	3152	3446	3744	4042	4344	4647	4951	5258	5567
52	176	356	541	732	929	1130	1337	1548	1762	1981	2203	2427	2653	2884	3114	3346	3580	3816	4053	4290
53	121	246	374	506	641	781	924	1069	1218	1370	1525	1681	1838	1999	2160	2322	2486	2651	2817	2984

Продолжение

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
54	141	286	434	587	745	906	1072	1242	1414	1591	1770	1950	2133	2318	2505	2694	2883	3073	3266	3459
55	169	342	520	703	892	1085	1283	1485	1691	1901	2114	2328	2545	2765	2986	3224	3433	3658	3885	4112
56	181	367	555	755	957	1165	1377	1595	1816	2041	2270	2501	2734	2971	3208	3447	3689	3931	4176	4421
57	177	358	544	736	933	1136	1343	1555	1770	1990	2212	2437	2663	2893	3124	3356	3591	3826	4064	4301
58	199	403	613	829	1051	1279	1513	1752	1994	2242	2493	2745	3002	3261	3522	3783	4048	4314	4581	4849
59	222	450	685	926	1174	1429	1690	1956	2227	2504	2784	3067	3352	3641	3932	4226	4520	4816	5115	5414
60	220	447	679	919	1166	1418	1678	1942	2211	2485	2763	3043	3326	3614	3901	4191	4484	4777	5073	5370
61	177	359	546	738	936	1140	1348	1561	1777	1998	2222	2448	2676	2909	3141	3376	3613	3850	4090	4330
62	170	344	523	708	898	1093	1293	1497	1705	1917	2132	2350	2569	2792	3016	3241	3469	3697	3928	4159
63	157	318	484	655	831	1011	1196	1385	1577	1774	1973	2175	2378	2586	2793	3002	3213	3426	3640	3854
64	104	211	320	433	550	669	792	918	1046	1177	1310	1445	1581	1720	1860	2001	2144	2287	2432	2577
65	121	246	374	506	642	781	924	1070	1219	1371	1526	1682	1840	2001	2162	2324	2489	2654	2821	2988
66	150	304	462	625	792	964	1141	1321	1505	1691	1881	2073	2266	2463	2661	2860	3060	3262	3466	3670
67	184	372	565	763	966	1174	1387	1605	1827	2052	2281	2512	2746	2982	3220	3460	3702	3944	4208	4434
68	92	186	282	382	484	589	698	808	921	1037	1154	1273	1393	1515	1638	1763	1888	2015	2142	2270
69	130	264	402	544	690	840	994	1151	1311	1474	1640	1808	1977	2150	2322	2496	2672	2850	3028	3207
70	215	436	663	897	1138	1385	1638	1896	2158	2426	2698	2973	3249	3531	3813	4096	4383	4671	4961	5252
71	228	463	704	952	1208	1470	1738	2012	2290	2574	2862	3153	3445	3743	4041	4341	4644	4948	5254	5561
72	196	397	604	816	1035	1259	1489	1724	1963	2206	2453	2702	2954	3210	3465	3723	3984	4245	4509	4773
73	197	399	607	821	1041	1266	1498	1734	1974	2219	2467	2718	2971	3228	3485	3745	4007	4270	4535	4801
74	158	320	487	658	835	1016	1201	1391	1583	1780	1979	2181	2384	2590	2797	3006	3216	3428	3641	3851
75	157	318	483	654	829	1009	1194	1382	1574	1770	1969	2169	2372	2578	2784	2992	3202	3413	3626	3839
76	149	301	458	620	786	957	1132	1311	1493	1679	1868	2059	2251	2448	2644	2843	3043	3244	3447	3651
77	144	292	443	600	761	927	1096	1270	1446	1627	1810	1995	2182	2372	2563	2757	2950	3146	3343	3541
78	189	383	582	787	998	1214	1436	1662	1892	2127	2365	2606	2848	3095	3342	3591	3842	4095	4349	4604
79	260	527	800	1082	1372	1669	1974	2285	2601	2925	3252	3582	3915	4255	4594	4936	5282	5629	5978	6329
80	160	323	492	665	844	1027	1215	1407	1603	1802	2005	2209	2416	2626	2836	3049	3263	3479	3696	3913
81	240	487	740	1001	1269	1544	1826	2114	2407	2706	3009	3315	3623	3936	4250	4569	4887	5207	5531	5854
82	224	454	691	934	1184	1441	1705	1973	2247	2526	2809	3095	3383	3676	3970	4265	4565	4865	5167	5470
83	177	359	546	739	937	1141	1349	1563	1779	2001	2225	2452	2681	2914	3147	3382	3620	3859	4099	4341
84	172	349	531	718	911	1106	1311	1518	1729	1945	2163	2384	2607	2834	3062	3291	3523	3755	3990	4226

§ 6-27. Природные газообразные топлива

Таблица 6-60. **Характеристики природных газообразных топлив**

№ п/п	Наименование газа	Состав					
		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	H_2S
	Природный газ газовых месторождений						
1	Бугурусланский	76,7	4,5	1,7	0,8	0,6	1,0
2	Дашавский	97,9	0,5	0,2	0,1	0	следы
3	Елшанский	94,0	1,2	0,7	0,4	0,2	»
4	Курдюмский	92,2	0,8	—	0,1	0	»
5	Мелитопольский	97,9		0,1			»
6	Ставропольский	98,0	0,4	0,2	—	—	»
7	Ухтинский	88,0	1,9	0,2			»
8	Шебелинский	89,9	3,1	0,9	0,4	—	»
	Природный газ нефтяных месторождений						
9	Азнефть	89,8	3,1	0,8	0,8	0,5	следы
10	Бугурусланнефть	71,7	7,0	4,0	3,0	1,5	»
	Грознефть:						
11	а) Октябрьский р-н	49,0	11,0	17,0	15,0	4,0	»
12	б) Старый р-н	82,1	10,2	3,6	4,2	—	»
13	Дагестаннефть	75,0	6,8	6,0	6,0	0,2	»
14	Ишимбаево	44,5	17,4	16,5	5,4	2,5	5,0
15	Калининнефть	79,6	3,4	1,7	2,1	0,6	2,0
	Майнефть:						
16	а) Сажевый з-д	72,4	4,7	7,3	6,7	0,6	следы
17	б) Широкая балка	93,2	2,0	1,4	1,9	0,5	»
18	Прикамнефть	51,0	6,0	8,0	4,0	0,3	»
	Туркменнефть:						
19	а) Небитдаг	85,7	3,5	4,0	3,0	0,4	2,0
20	б) Челекен	90,0	3,0	2,0	1,2	0,3	2,0
21	Эмбанефть	87,1	3,2	1,2	0,3	0,3	2,0

продолжение на след. стр.

продолжение

Таблица 6-60. **Характеристики природных газообразных топлив**

в % по объему			$Q_c^н$, $\frac{ккал}{кг}$	$\gamma_{сух}$, $\frac{кГ}{нм^3}$	β	$(RO_2)_{макс}$, %
CO_2	N_2	O_2				
0,2	14,5	—	8109	0,884	0,75	12,0
0,1	1,2	—	8523	0,730	0,786	11,8
0,2	3,3	—	8560	0,765	0,78	11,8
—	6,9	—	8039	0,759	0,808	11,6
0,2	1,8	—	8391	0,729	0,798	11,7
0,1	1,3	—	8489	0,730	0,696	12,4
0,3	9,3	—	7946	0,789	0,792	11,7
0,3	5,2	0,2	8472	0,790	0,75	12,0
5,0	—	—	8704	0,835	0,686	12,5
0,8	10,0	—	9529	0,984	0,691	12,4
1,0	3,0	—	15180	1,408	0,579	13,3
—	—	—	10493	0,902	0,694	12,7
2,0	4,0	—	10600	0,998	0,656	12,7
0,3	6,7	1,7	12700	1,288	0,590	13,2
7,8	4,8	—	8477	0,936	0,629	12,9
2,0	6,3	—	10580	1,036	0,649	12,7
0,2	1,0	—	9225	0,800	0,746	12,0
0,7	30,0	—	8234	1,107	0,710	12,3
2,1	1,3	—	9697	0,887	0,689	12,4
0,5	3,0	—	9010	0,812	0,746	12,0
1,8	6,1	—	8536	0,820	0,732	12,1

Таблица 6-61. **Объемы воздуха и продуктов сгорания в *н.м³/кг* природных газообразных топлив при $\alpha = 1$**

В первой графе таблицы 6-61 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-60.

№ п/п	V_0	$V^0_{RO_2}$	$V^0_{N_2}$	$V^0_{H_2O}$ [1]	$V^0_{с.г.}$	$V^0_г$
1	9,01	0,98	7,27	1,97	8,25	10,22
2	9,48	1,00	7,50	2,14	8,50	10,64
3	9,51	1,01	7,54	2,13	8,55	10,68
4	8,94	0,94	7,13	2,02	8,07	10,09
5	9,34	0,98	7,40	2,11	8,38	10,49
6	8,94	1,00	7,20	2,12	8,20	10,32
7	8,73	0,93	6,99	1,97	7,92	9,89
8	9,37	1,01	7,35	2,10	8,36	10,46
9	9,66	1,09	7,63	2,15	8,72	10,87
10	10,44	1,18	8,35	2,21	9,53	11,74
11	16,52	2,03	13,08	3,21	15,11	18,32
12	11,67	1,30	9,22	2,49	10,52	13,01
13	11,63	1,34	9,23	2,44	10,57	13,01
14	14,96	1,68	11,89	3,18	13,57	16,75
15	9,57	1,09	7,61	3,43	8,70	12,13
16	11,71	1,36	9,31	2,44	10,67	13,11
17	10,33	1,12	8,17	2,27	9,29	11,56
18	9,11	1,05	7,49	1,88	8,54	10,42
19	10,92	1,23	8,64	2,33	9,87	12,20
20	10,17	1,11	8,07	2,21	9,18	11,39
21	9,46	1,04	7,44	2,07	8,48	10,55

Примечание к табл. 6-61. [1]) Объем водяных паров подсчитан без учета влаги, содержащейся в газе.

Таблица 6-62. **Расход тепла в *ккал* на нагревание от 0 до *t* °С воздуха, необходимого для сгорания 1 *нм*³ природных газообразных топлив при $\alpha = 1$**

В первой графе таблицы 6-62 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-60.

№ п/п \ *t*	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	280	562	850	1144	1445	1752	2065	2383	2707	3034	3365	3700	4037	4377	4719	5064	5410	5759	6108	6460
2	295	592	895	1204	1520	1843	2173	2507	2848	3192	3541	3892	4248	4605	4966	5329	5692	6060	6426	6797
3	296	593	898	1208	1525	1849	2180	2515	2857	3202	3552	3905	4261	4620	4981	5346	5710	6079	6447	6819
4	278	558	844	1135	1434	1738	2049	2365	2686	3010	3339	3671	4006	4343	4683	5025	5368	5714	6060	6410
5	290	583	882	1186	1498	1816	2141	2470	2806	3145	3488	3835	4185	4537	4892	5250	5608	5970	6332	6697
6	278	558	844	1135	1434	1738	2049	2365	2686	3010	3339	3671	4006	4343	4683	5025	5368	5714	6060	6410
7	272	545	824	1109	1400	1697	2001	2309	2622	2939	3261	3584	3912	4241	4573	4907	5241	5580	5918	6259
8	291	585	884	1190	1503	1822	2148	2478	2815	3155	3500	3847	4199	4552	4908	5267	5626	5989	6352	6718
9	300	603	912	1227	1549	1878	2214	2555	2902	3252	3608	3966	4329	4693	5060	5430	5800	6175	6548	6926
10	325	651	986	1326	1674	2030	2393	2761	3136	3515	3899	4287	4678	5072	5468	5868	6268	6673	7077	7485
11	514	1031	1559	2098	2650	3211	3786	4350	4963	5562	6170	6783	7403	8025	8653	9286	9919	10560	11199	11845
12	363	728	1102	1482	1872	2269	2675	3087	3506	3929	4359	4792	5229	5669	6113	6560	7007	7459	7911	8367
13	362	726	1098	1477	1865	2261	2666	3076	3496	3916	4344	4775	5211	5650	6092	6537	6989	7434	7884	8339
14	465	934	1412	1900	2400	2908	3429	3957	4494	5037	5588	6142	6704	7268	7836	8409	8982	9562	10141	10726
15	298	597	903	1215	1535	1860	2193	2531	2875	3222	3576	3929	4288	4649	5013	5379	5746	6117	6488	6852
16	364	731	1105	1487	1878	2276	2684	3097	3518	3943	4374	4808	5247	5689	6134	6582	7031	7485	7938	8396
17	321	644	975	1312	1657	2008	2368	2732	3103	3478	3858	4241	4629	5018	5411	5806	6202	6603	7003	7407
18	283	568	860	1157	1461	1771	2088	2410	2737	3067	3402	3740	4082	4426	4772	5121	5470	5823	6176	6532
19	340	681	1031	1387	1752	2123	2503	2888	3280	3677	4079	4484	4893	5305	5720	6138	6556	6980	7403	7830
20	316	635	960	1292	1631	1977	2331	2690	3055	3424	3798	4176	4557	4940	5327	5716	6106	6501	6894	7292
21	294	590	893	1201	1517	1839	2168	2502	2842	3185	3533	3884	4239	4596	4955	5317	5680	6047	6413	6783

Таблица 6-63. Расход тепла в *ккал* на нагревание продуктов сгорания 1 *нм*³ природных газообразных топлив при $\alpha = 1$ от 0 до t °С

В первой графе таблицы 6-63 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-60.

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	696	678	1039	1390	1760	2138	2528	2926	3331	3743	4162	4586	5017	5450	5 889	6 331	6 778	7 235	7 676	8 130
2	710	707	1072	1448	1833	2228	2634	3048	3471	3900	4337	4779	5228	5680	6 138	6 599	7 064	7 531	8 002	8 475
3	351	709	1176	1453	1840	2236	2644	3060	3484	3914	4353	4797	5247	5701	6 160	6 723	7 090	7 558	8 031	8 506
4	332	670	1016	1372	1747	2111	2496	2889	3289	3696	4110	4529	4954	5383	5 816	6 253	6 694	7 137	7 583	8 031
5	345	697	1057	1437	1807	2195	2596	3004	3421	3844	4275	4710	5152	5598	6 059	6 504	6 963	7 423	7 886	8 353
6	340	687	1042	1407	1782	2166	2560	2963	3374	3792	4217	4647	5084	6525	5 969	6 418	6 871	7 325	7 783	8 244
7	325	657	996	1346	1703	2070	2447	2832	3225	3624	4030	4440	4857	5287	5 702	6 130	6 563	6 997	7 434	7 873
8	344	695	1055	1425	1804	2192	2592	3000	3414	3839	4269	4704	5146	5591	6 042	6 596	6 954	7 414	7 877	8 343
9	358	723	1097	1482	1877	2281	2697	3122	3555	3995	4442	4895	5355	5818	6 287	6 759	7 236	7 714	8 196	9 680
10	386	790	1183	1609	2024	2460	2908	3366	3832	4306	4789	5276	5771	6270	6 775	7 283	7 796	8 311	8 829	9 351
11	604	1220	1850	2500	3166	3848	4550	5266	5996	6737	7492	8254	9028	9808	10597	11 391	12 193	12 997	13 807	14 622
12	428	865	1312	1772	2244	2727	3224	3731	4248	4774	5309	5849	6397	6951	7 511	8 074	8 644	9 215	9 790	10 368
13	428	865	1312	1773	2245	2729	3226	3734	4252	4777	5313	5854	6403	6956	7 516	8 080	8 650	9 221	9 796	10 375
14	551	1113	1689	2281	2888	3510	4150	4803	5469	6145	6834	7530	8236	8948	9 668	10 394	11 127	11 861	12 601	13 346
15	400	815	1237	1671	2117	2574	3044	3525	4016	4515	5024	5539	6062	6591	7 126	7 666	8 212	8 769	9 311	9 866
16	432	872	1323	1787	2263	2750	3251	3763	4285	4814	5354	5899	6453	7010	7 575	8 143	8 717	9 292	9 872	10 454
17	380	768	1165	1574	1993	2422	2863	3314	3733	4239	4714	5195	5682	6174	6 671	7 172	7 678	8 185	8 696	9 210
18	342	692	1049	1417	1794	2180	2578	2983	3396	3816	4243	4675	5113	5555	6 002	6 452	6 906	7 362	7 820	8 282
19	402	811	1230	1662	2105	2558	3024	3500	3985	4478	4980	5487	6002	6521	7 046	7 575	8 109	8 644	9 184	9 726
20	375	757	1148	1550	1963	2386	2820	3264	3717	4176	4644	5117	5597	6082	6 571	7 064	7 563	8 062	8 565	9 072
21	347	701	1064	1438	1820	2212	2615	3026	3446	3872	4306	4745	5190	5639	6 094	6 551	7 014	7 476	7 944	7 413

§ 6-28. Искусственные газообразные топлива

Таблица 6-64. **Характеристики искусственных газообразных топлив** [1])

№ п/п	Наименование газа	Состав в % по объему									$Q_c^н$, ккал/кг	$\gamma_{сух}$, кГ/нм³	β	$(RO_2)_{макс}$, %
		H_2	CH_4	C_2H_6	C_mH_n	H_2S	CO	CO_2	N_2	O_2				
	Водяной газ													
1	Из антрацита	48,0	0,5	—	—	0,5	38,5	6,0	6,3	0,2	2471	0,736	0,034	20,3
2	» кокса	50,0	0,5	—	—	0,3	37,0	6,5	5,5	0,2	2466	0,715	0,039	20,2
	Газ воздушной продувки при получении водяного газа													
3	Из антрацита	2,3	0,2	—	—	0,1	8,8	14,5	73,9	0,2	348	1,332	0,050	20,0
4	» кокса	1,3	—	—	—	0,1	5,0	17,5	75,9	0,2	190	1,366	0,011	20,8
	Генераторный газ													
5	Из донецкого антрацита	13,5	0,5	—	—	0,2	27,5	5,5	52,6	0,2	1230	1,135	0,044	20,1
6	» богословского угля	13,6	2,2	—	0,3	—	24,0	8,0	51,7	0,2	1303	1,142	0,060	19,8
7	» газового донецкого »	13,5	2,3	—	0,3	0,3	26,5	5,0	51,9	0,2	1402	1,122	0,114	18,8
8	» коксовой мелочи . . .	13,0	0,7	—	—	0,2	28,5	5,0	52,4	0,2	1265	1,136	0,041	20,2
9	» лисичанского угля	15,0	2,5	—	0,3	1,0	25,0	7,0	49,0	0,2	1451	1,119	0,095	19,2
10	» подмосков.. кускового »	14,0	2,2	—	0,3	1,2	25,0	6,5	50,6	0,2	1411	1,130	0,100	19,1
11	» » $0 \div 6$ *мм* »	7,1	1,1	—	0,4	0,4	21,7	6,9	62,2	0,2	1010	1,217	0,099	19,1
12	» сулюктинского »	14,6	0,8	—	0,1	0,2	29,0	5,0	50,1	0,2	1343	1,116	0,064	19,7

Продолжение

№ п/п	Наименование газа	Состав в % по объему									$Q_c^н$, ккал/кг	$\gamma_{сух}$, кГ/нм³	β	$(RO_2)_{макс}$, %
		H_2	CH_4	C_2H_6	C_mH_n	H_2S	CO	CO_2	N_2	O_2				
13	Из челябинского угля . .	13,0	2,0	—	0,2	0,2	30,0	5,0	49,4	0,2	1 449	1,128	0,038	20,2
14	» черемховского » . .	15,5	2,6	—	0,4	0,1	25,5	7,0	48,7	0,2	1 452	1,110	0,087	19,3
15	» торфа, гидравл.	15,0	2,5	—	0,4	0,1	27,5	8,5	45,8	0,2	1 491	1,127	0,014	20,7
16	» » кускового . . .	15,0	3,0	—	0,4	0,1	28,0	8,0	45,3	0,2	1 548	1,121	0,020	20,6
17	» » фрезерного . .	10,9	1,9	—	0,7	—	20,3	9,8	56,2	0,2	1 154	1,188	0,075	19,5
18	» щепы	14,0	3,0	—	0,4	—	29,0	6,5	46,9	0,2	1 547	1,122	0,034	20,3
	Доменный газ													
19	Древесноугольный	8,0	1,6	—	—	—	27,0	12,0	51,4	—	1 157	1,238	—0,122	23,9
20	Коксовый	2,7	0,3	—	—	0,3	28,0	10,2	58,5	—	957	1,296	—0,149	24,7
	Газ коксовых печей													
21	Неочищенный	57,0	22,3	—	2,7	0,4	6,8	2,3	7,7	0,8	4 196	0,507	~ 1,0	~ 10,5
22	Очищенный	57,5	22,5	—	1,9	0,4	6,8	2,3	7,8	0,8	3 958	0,483	~ 1,0	~ 10,5
	Газ подземной газификации													
23	Из каменного угля	11,1	1,8	—	—	0,6	18,4	10,3	57,6	0,2	1 027	1,191	0,087	19,3
24	» подмосковного » . .	14,5	1,8	—	—	0,6	10,0	9,5	63,6	—	861	1,146	0,42	14,8
25	Газ пиролиза . . .	14,0	41,0	12,0	31,0	—	0,8	0,5	0,2	—	11 322	0,996	0,571	13,4

Примечание к табл. 6-64. [1]) При подсчете β и RO_2 принято, что $C_mH_n = C_2H_6$.

Таблица 6-65. **Объемы воздуха и продуктов сгорания в *нм³/кг* искусственных газообразных топлив при $\alpha = 1$ [1])**

В первой графе таблицы 6-65 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-64.

№ п/п	V_0	$V^0_{RO_2}$	$V^0_{N_2}$	$V^0_{H_2O}$	$V^0_{с.г}$	$V^0_г$
1	2,13	0,45	1,75	0,53	2,20	2,73
2	2,13	0,44	1,74	0,55	2,18	2,73
3	0,28	0,24	0,96	0,03	1,20	1,23
4	0,15	0,23	0,88	0,02	1,11	1,13
5	1,03	0,34	1,34	0,16	1,68	1,84
6	1,14	0,35	1,42	0,20	1,77	1,97
7	1,23	0,35	1,49	0,21	1,84	2,05
8	1,06	0,34	1,36	0,16	1,70	1,86
9	1,30	0,36	1,52	0,24	1,88	2,12
10	1,26	0,36	1,50	0,22	1,86	2,08
11	0,87	0,31	1,31	0,12	1,62	1,74
12	1,13	0,35	1,39	0,18	1,74	1,92
13	1,25	0,38	1,48	0,20	1,86	2,06
14	1,28	0,36	1,50	0,24	1,86	2,10
15	1,31	0,39	1,49	0,23	1,88	2,11
16	1,37	0,40	1,54	0,24	1,94	2,18
17	1,01	0,33	1,36	0,18	1,69	1,87
18	1,36	0,39	1,54	0,23	1,93	2,16
19	0,99	0,41	1,30	0,13	1,71	1,84
20	0,78	0,39	1,20	0,05	1,59	1,64
21	4,19	0,40	3,39	1,15	3,79	4,94
22	3,93	0,36	3,18	1,13	3,54	4,67
23	0,91	0,31	1,30	0,17	1,61	1,78
24	0,80	0,22	1,27	0,20	1,49	1,69
25	12,05	1,47	9,52	2,32	10,99	13,31

Примечание к табл. 6-65. [1]) Объем водяных паров подсчитан без учета влаги, содержащейся в газе.

Таблица 6-66. Расход тепла в *ккал* на нагревание от 0 до *t* °С воздуха, необходимого для сгорания 1 *нм*³ искусственных газообразных топлив при $\alpha = 1$

В первой графе таблицы 6-66 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-64.

№ п/п \ *t*	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	66,2	133	201	270	342	414	488	563	640	717	796	874	954	1035	1116	1197	1279	1361	1444	1527
2	66,2	133	201	270	342	414	488	563	640	717	796	874	954	1035	1116	1197	1279	1361	1444	1527
3	8,7	17,5	26,4	35,6	44,9	54,4	64,2	74,1	84,1	94,3	104	115	125	136	147	157	168	179	190	201
4	4,7	9,4	14,2	19,0	24,1	29,2	34,4	39,7	45,1	50,5	56,0	61,1	67,2	72,9	78,6	84,3	90,1	95,9	102	108
5	32,0	64,3	97,2	131	165	200	236	272	309	347	385	423	462	500	540	579	618	658	698	738
6	35,4	71,1	108	145	183	222	261	302	342	384	426	468	511	554	597	641	684	729	773	817
7	38,2	76,8	116	156	197	239	282	325	369	414	459	505	551	598	644	691	738	786	834	882
8	33,0	66,1	100	135	170	206	243	280	318	357	396	435	475	515	555	596	636	678	718	760
9	40,4	81,1	123	165	208	253	298	344	390	438	486	534	582	632	681	731	780	831	881	932
10	39,2	78,6	119	160	202	245	289	333	378	424	471	517	565	612	660	708	756	805	854	903
11	27,0	54,3	82,1	110	140	169	199	230	261	293	325	357	390	423	456	489	522	556	590	624
12	35,1	70,5	107	144	181	220	259	299	339	380	422	464	506	549	592	635	678	722	766	810
13	38,9	78,0	118	159	200	243	286	331	376	421	457	513	560	607	655	703	750	799	847	896
14	39,8	79,9	121	162	205	249	293	338	384	431	478	526	574	622	670	719	768	818	868	918
15	40,7	81,7	124	166	210	255	300	346	394	441	489	538	587	636	686	736	786	837	888	939
16	42,6	85,5	129	174	220	266	314	362	412	461	512	562	614	666	718	770	822	876	929	982
17	31,4	63,0	95,3	128	162	196	231	267	303	340	377	415	452	491	529	568	606	646	685	724
18	42,3	84,9	128	173	218	264	312	360	408	458	508	558	609	661	712	764	816	869	922	975
19	30,8	61,8	93,4	126	159	192	227	262	297	333	370	406	444	481	518	556	594	633	671	710
20	24,2	48,7	73,6	99,1	125	152	179	206	234	263	291	320	349	379	408	438	468	498	529	559
21	130	261	396	532	672	815	960	1108	1259	1411	1565	1720	1878	2036	2195	2355	2516	2678	2840	3004
22	122	245	371	499	630	764	901	1039	1180	1323	1468	1614	1761	1909	2058	2209	2360	2512	2664	2818
23	28,3	56,8	85,9	116	146	177	208	241	273	306	340	374	408	442	477	512	546	582	617	652
24	24,9	49,9	75,5	102	128	155	183	212	240	269	299	328	358	389	419	450	480	511	542	574
25	375	752	1138	1530	1933	2343	2762	3187	3620	4057	4501	4948	5400	5854	6312	6773	7235	7702	8169	8640

Таблица 6-67. **Расход тепла в *ккал* на нагревание продуктов сгорания 1 *нм*³ искусственных газообразных топлив при $\alpha = 1$ от 0 до t °С**

В первой графе таблицы 6-67 указан порядковый номер, который имеет топливо в таблице 6-64.

№ п/п \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
1	91,6	186	282	382	485	590	698	809	922	1037	1153	1271	1391	1512	1634	1757	1881	2005	2 131	2 257
2	91,6	186	282	382	485	590	698	809	922	1036	1153	1271	1391	1511	1634	1756	1881	2006	2 131	2 257
3	40,6	82,3	125	170	215	261	309	358	508	458	509	560	612	665	717	770	824	878	932	986
4	37,3	75,6	115	156	198	241	285	330	376	422	469	516	564	612	661	710	759	808	858	908
5	61,1	124	188	255	324	394	466	539	614	690	767	845	924	1004	1084	1165	1246	1328	1 410	1 492
6	65,4	133	202	273	346	422	498	577	657	738	821	905	989	1074	1160	1247	1334	1422	1 510	1598
7	68,0	138	209	283	359	437	517	599	682	766	852	938	1026	1114	1203	1293	1383	1474	1 565	1 657
8	61,8	125	190	258	327	398	470	545	620	697	775	853	933	1013	1094	1176	1258	1340	1 423	1 507
9	70,3	152	217	294	372	453	536	620	706	794	882	972	1063	1154	1246	1340	1443	1528	1 623	1 718
10	69,0	140	213	288	365	444	526	608	693	779	866	954	1043	1133	1223	1315	1407	1499	1 592	1 675
11	57,5	117	187	240	304	370	438	507	577	648	720	793	867	942	1017	1092	1169	1245	1 322	1 399
12	63,8	129	197	264	338	413	486	563	641	720	801	882	965	1058	1132	1216	1301	1386	1 472	1 658
13	68,5	139	211	286	363	442	522	605	689	774	861	948	1047	1126	1216	1307	1399	1490	1 583	1 675
14	69,7	141	215	291	369	449	531	615	700	787	875	964	1054	1145	1237	1329	1422	1515	1 609	1 704
15	70,3	142	217	294	372	453	536	621	708	795	884	974	1065	1157	1250	1343	1437	1532	1 627	1 719
16	72,5	147	224	303	385	468	554	642	731	821	923	1006	1100	1195	1289	1387	1484	1582	1 680	1 778
17	62,1	126	191	259	328	399	472	547	623	700	778	857	937	1019	1166	1253	1341	1429	1 517	1 606
18	71,8	146	222	300	380	463	548	634	722	812	903	994	1088	1181	1274	1371	1467	1563	1 660	1 757
19	61,6	125	191	258	328	400	473	548	624	701	780	859	940	1020	1102	1184	1267	1350	1 433	1 517
20	54,8	111	170	230	292	356	422	488	556	625	695	765	836	908	980	1053	1127	1200	1 274	1 348
21	163	328	498	672	851	1034	1222	1415	1611	1810	2014	2220	2428	2639	2852	3067	3284	3502	3 721	3 942
22	154	310	471	635	804	977	1155	1347	1523	1712	1904	2098	2296	2495	2697	2900	3105	3311	3 519	3 728
23	58,0	120	142	246	312	380	449	520	592	665	740	815	891	967	1045	1123	1201	1280	1 359	1 439
24	55,5	112	170	230	292	354	419	485	552	620	690	759	830	902	974	1046	1120	1193	1 267	1 341
25	438	885	1344	1816	2299	2795	3304	3825	4355	4893	5441	5995	6556	7123	7696	8272	8855	9438	10 026	10 618

§ 6-29. Физико-химические свойства жидких топлив

Таблица 6-68. **Физико-химические свойства топочных мазутов**

Сорт мазута и № ГОСТ		Флотский 1626-57			Топливо 1501-57					
Марка мазута		Фс-5	Фс-12	Фс-20	20	40	60	80	100	200
Макс. вязкость условная при 50° С	°Е	5,0	6,0 ÷ 12,0	не норм.	—	—	—	—	—	—
Макс. вязкость условная при 75° С	°Е	не норм.		2,0 — 6,0	—	—	—	—	—	—
Макс. вязкость условная при 80° С	°Е	—	—	—	2,5 ÷ 6,0	5,0 ÷ 8,0	8,0 ÷ 11,0	11,0 ÷ 13,0	13,0 ÷ 15,5	не норм.
Макс. вязкость условная при 100° С	°Е	—	—	—	не нормируется					6,5 — 9,5
Макс. температура вспышки в открытом тигле	°С	—	—	—	80	100	110	120	125	140
Макс. температура вспышки в закрытом тигле	°С	80	90	90	—	—	—	—	—	—
Макс. температура застывания . . .	°С	— 5	— 8	— 5	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 36
Макс. содержание золы	%	0,10	0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Макс. содержание механических примесей	%	0,10	0,25	0,25	не нормируется			2,5	2,5	2,5
Макс. содержание серы [1]	%	2,0	0,8	0,8	0,50 ÷ 3,5	0,50 ÷ 3,5	0,50 ÷ 3,5	0,50 ÷ 3,5	0,50 ÷ 3,5	0,50 ÷ 3,5
Макс. содержание воды	%	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0

Продолжение

Сорт мазута и № ГОСТ		Флотский 1626-57			Топливо 1501-57					
Марка мазута		Фс-5	Фс-12	Фс-20	20	40	60	80	100	200
Макс. содержание смолистых веществ	%	50	50	60	—	—	—	—	—	—
Макс. содержание водорастворимых кислот и щелочей	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Удельный вес в интервале 4—20° С, макс.	*т/м³*	—	—	—	не нормируется			0,990	0,990	не норм.
Удельный вес в интервале 4—20° С, миним.	*т/м³*	0,930	0,930	0,930	—	—	—	—	—	—
Теплота сгорания низшая на сухое топливо [1]	*ккал/кг*	9870	9870	9870	9870÷9680	9750÷9610	9700÷9530	9670÷9530	9640÷9500	9600÷9450
Рекомендуемая температура перед паровыми форсунками	°С	—	55	70	70	85	—	95	—	—
То же — перед механическими форсунками	°С	—	70	85	85	100	—	100	—	—

Примечание к табл. 6-68. [1]) Первое число относится к малосернистому топливу, второе—к высокосернистому.

Таблица 6-69. **Физико-химические свойства моторного топлива**

Сорт моторного топлива и № ГОСТ		Моторное топливо 1667-51			Солярное масло 1666-51	Дизельное автотракторное 305-58 [1]		
Марка топлива		ДТ-1 (M_3)	ДТ-2 (M_4)	ДТ-3 [2] (M_5)	—	Зимнее	Летнее	Специализированное
Применяется для дизелей с числом оборотов		<500 и для калоризат. дв.	<500 и для калоризат. дв.	<500 и для калоризат. дв.	500 ÷ 1000	> 1000	> 1000	—
Фракционный состав:								
до 250° С перегоняется не более	%	15	15	15	—	—	—	—
10 % перегоняется при температуре не менее	°С	—	—	—	—	170	200	—
50 % » » » не более	°С	—	—	—	—	275	295	280
96 % » » » »	°С	—	—	—	—	350	360	340
Вязкость при 20° С кинематическая	*сст*	—	—	—	—	1,8 ÷ 3,0	3,0 ÷ 8,0	4,5 ÷ 8,0
» » 50° С, не более	*сст*	36,0	55,3	66,6	5,0 ÷ 9,0	—	—	—
» » 50° С, условная не более	°Е	5,0	7,5	9,0	1,39 ÷ 1,76	—	—	—
Миним. температура вспышки в открытом тигле	°С	—	—	—	125	—	—	—
» » » в закрытом тигле	°С	65	65	65	—	40	65	90
Макс. температура застывания	°С	−5	−5	+5	−20	−35	−10	−15
Макс. коксуемость	%	3,0	3,5	4,0	—	0,1	0,1	—
Макс. содержание золы	%	0,04	0,08	0,08	0,025	0,02	0,02	0,02
» » механических примесей	%	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0
» » серы	%	0,5	0,5	0,5	0,2	0,6	1,0	1,0
» » воды	%	1,0	1,0	1,0	следы	0	0	0
» » водорастворимых кислот и щелочей и сероводорода	%	0	0	0	0	0	0	0
Макс. кислотность, *мг* КОН на 100 *мл*	%	—	—	—	—	5	5	5

Примечания к табл. 6-69. [1]) До 1.1 — 1962 г. [2]) Рекомендуемая температура для топлива ДТ-3: в хранилищах 35 ÷ 40° С, в отстойных баках 60 ÷ 65° С, в расходных баках 45 ÷ 50° С, в фильтрах 60 ÷ 65° С, перед форсунками двигателя 50 ÷ 60° С.

Таблица 6-70. Физико-химические свойства топлива для быстроходных дизелей по ГОСТ 4749-49

Марка топлива		ДА арктическое	ДЗ зимнее	ДЛ летнее	ДС специальное
Применяется при температуре окружающего воздуха . . .	°С	< -30	> -30	> 0	—
Минимальное цетановое число		40	40	45	50
10 % перегоняется при температуре не ниже	°С	200	200	—	—
50 % перегоняется при температуре не выше	°С	255	275	290	280
90 % перегоняется при температуре не выше	°С	300	335	350	—
96 % перегоняется при температуре не выше	°С	330	—	—	340
Вязкость при 20° С кинематическая	*сст*	2,5 ÷ 4,0	3,5 ÷ 6,0	3,5 ÷ 8,0	2,5 ÷ 4,0[1]
Минимальная температура вспышки по Мартенс-Пенскому	°С	35	50	60	90
Максимальная температура застывания	°С	— 60	— 45	— 10	— 15
Максимальная коксуемость . .	%	0,5	0,5	0,5	0,5
Максимальное содержание золы	%	0,01	0,02	0,02	0,02
» » серы	%	0,2	0,2	0,2 [2]	0,2
» » водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	%	0	0	0 [3]	0
Максимальная кислотность *мг* КОН на 100 *мл*		5	5	5	5

Примечания к табл. 6-70. [1]) При температуре 50° С. [2]) Для Комсомольского нефтеперерабатывающего завода допускается содержание серы не более 0,25 % и цетанового числа не менее 45. [3]) В период с 1 мая по 1 октября в пунктах сдачи топлива марки ДЛ допускается содержание в нем следов воды.

§ 6-30. Расчетные характеристики топок

Таблица 6-71. **Расчетные характеристики камерных топок с сухим шлакоудалением**

Тип топки	Наименование топлива	Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$	Допустимое по условиям горения теплонапряжение топочного объема, 10^3 *ккал/м³ час*	Потери тепла		
				от химической неполноты сгорания q_3, %	от механической неполноты сгорания q_4, %	
					котлы $D \geqslant 50$ *т/час*	котлы $D < 50$ *т/час*
Пылеугольные	Антрацитовый штыб	1,25	125	0	4	5
	Полуантрациты . .	1,25	140	0	3	5
	Тощие угли	1,25	160	0	2	3
	Каменные угли, $V_г \leqslant 25\%$ . . .	1,2	160	0	2	3
	Каменные угли, $V_г > 25\%$ . . .	1,2	160	0,5	1,5	2,5
	Отходы углеобогащения, $V_г > 25\%$	1,2	150	0,5	2,5	3,5
	Бурые угли	1,2	200	0,5	0,5	1
Шахтно-мельничные	Каменные угли, $V_г > 30\%$; $k_{л.о} \geqslant 1,2$	1,25	130	0,5	4	6
	Бурые угли	1,25	150	0,5	1	2
	Сланцы гдовские и эстонские	1,25	120	0,5	1	1,5
	Сланцы волжские	1,25	140	1	2	3
	Фрезерный торф	1,25	150	1	1	2
Пневматические ЦКТИ системы Шершнева	Фрезерный торф $W_р < 55\%$ . . .	1,25	120	0,5	2	3
	Бурые угли $W_р = 15 \div 30\%$ . . .	1,3	150	1	—	4
Экранированные	Мазут, природный и нефтяной газы	1,15	250	1,5	—	—
Неэкранированные	Мазут, природный и нефтяной газы	1,15	200	1	—	—
Факельное сжигание	Доменный газ . . .	1,15	200	3	—	—
Беспламенное сжигание (для котлов $D \leqslant 20$ *т/час*)	Доменный газ . . .	1,15	750	1	—	—

Таблица 6-72. **Расчетные характеристики слоевых топок с неподвижной решеткой и ручным забросом топлива**

Наименование величин	Обозначение	Размерность	Бурые угли			Рядовые каменные угли		Антрациты	
			рядовые с умеренной зольностью влажные (типа челябинских), $A_п = 6{,}5$	рядовые влажные и многозольные (типа подмосковных), $A_п = 10$	сортированные (типа подмосковных) $A_п = 8$	$V_г > 25\ \%$, $A_п = 4$	тощие, $A_п = 2{,}5$	сортированные АС и АМ, $A_п = 2$	АРШ, $A_п = 3$
Видимое напряжение зеркала горения	$\frac{BQ^н_р}{R} \cdot 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^2 \cdot час}$	800	700	900	800	700	900	800
Допустимое теплонапряжение топочного объема	$\frac{BQ^н_р}{V_т} \cdot 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^3 \cdot час}$	—	—	—	250÷300	—	—	—
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_т$	—	1,4	1,4	1,35	1,4	1,4	1,3	1,5
Потеря от химической неполноты сгорания	q_3	%	2	3	2	5	3	2	2
Потеря от механической неполноты сгорания	q_4	%	7	11	8	7	6	7	14
Содержание горючих в шлаке и провале	$Г_{шл+пр}$	%	12	12	10	15	10	20	20
Содержание горючих в уносе	$Г_{ун}$	%	15	15	15	25	45	50	55
Доля золы топлива в шлаке и провале	$a_{шл+пр}$	—	0,75	0,75	0,8	0,8	0,7	0,7	0,65
Доля золы топлива в уносе	$a_{ун}$	—	0,25	0,25	0,2	0,2	0,3	0,3	0,35
Давление воздуха под решеткой	$p_д$	*мм* вод. ст.	100	100	100	80	80	100	100

Таблицы 6-73 а, б, в. Расчетные характеристики слоевых механических и полумеханических топок

В табл. 6-73а даны расчетные характеристики топок с цепной решеткой, шахтно-цепных топок и топок с цепной решеткой и забросом топлива на слой. В табл. 6-73б — характеристики топок с шурующей планкой и топок с забрасывателями и неподвижным слоем. В табл. 6-73в — характеристики топок с наклонно-переталкивающими решетками, шахтных топок, скоростных топок и топок с наклонной решеткой.

Таблица 6-73а

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с цепной решеткой					Шахтно-цепная топка	Топки с цепной решеткой и забросом топлива на слой		
						антрациты			бурые угли		
			бурые угли типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	неспекающиеся каменные угли типа Д и Г, $A_п = 4$	слабоспекающиеся каменные угли типа СС, $A_п = 2$	АС и АМ, $A_п = 2$	АРШ и АСШ, $A_п = 3$	торф кусковой, $W^р = 45–50\%$, $A_п = 3$	типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$
Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{BQ^н_р}{R} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^2 \cdot час}$	900	1000	900	1000	700 ÷ 800	1500 ÷ 1900	900 ÷ 1200	900 ÷ 1400	900 ÷ 1400
Видимое теплонапряжение топочного объема	$\frac{BQ^н_р}{V_т} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^3 \cdot час}$	200 ÷ 250		200 ÷ 250	250 ÷ 300	200 ÷ 250	200 ÷ 250	200 ÷ 250	200 ÷ 250	200 ÷ 250
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_т$	—	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с цепной решеткой					Шахтно-цепная топка	Топки с цепной решеткой и забросом топлива на слой		
			бурые угли типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	неспекающиеся каменные угли типа Д и Г, $A_п = 4$	слабоспекающиеся каменные угли типа СС, $A_п = 2$	антрациты		торф кусковой, $W_р = 45—50\%$, $A_п = 3$	бурые угли		каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$
						АС и АМ, $A_п = 2$	АРШ и АСШ, $A_п = 3$		типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	
Потеря от химической неполноты сгорания	q_3	%	1	1	1	0	0	1	0,5	0,5	0,5
Потеря от механической неполноты сгорания	q_4	%	5	6	5	7	14	2	9	6	6
Содержание горючих в шлаке и провале	$Г_{шл+пр}$	%	6	12	20	20	25	—	7	6	10
Содержание горючих в уносе	$Г_{ун}$	%	20	30	35	50	55	—	20	20	30

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с цепной решеткой				Шахтно-цепная точка	Топки с цепной решеткой и забросом топлива на слой	
			бурые угли типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	неспекающиеся каменные угли типа Д и Г, $A_п = 4$	слабоспекающиеся каменные угли типа СС, $A_п = 2$	антрациты: АС и АМ, $A_п = 2$	антрациты: АРШ и АСШ, $A_п = 3$	торф кусковой, $W_р = 45–50\%$, $A_п = 3$	бурые угли: типа подмосковных, $A_п = 10$	бурые угли: типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$
Доля золы топлива в шлаке и провале . .	$a_{шл+пр}$		0,8	0,8	0,8	0,75	0,7	—	0,75	0,75	0,75
Доля золы топлива в уносе	$a_{ун}$		0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	—	0,25	0,25	0,25
Давление воздуха под решеткой	$p_д$	*мм* вод. ст.	80	80	80	100	100	80	80	80	80
Температура дутьевого воздуха	$t_в$	°С	250	25 ÷ 200	25 ÷ 200	25 ÷ 150	25 ÷ 150	250	250	25 ÷ 250	25 ÷ 200

Таблица 6-7зб

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с шурующей планкой			Топки с забрасывателями и неподвижным слоем			
			бурые угли			бурые угли			
			типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	антрациты АРШ, $A_п = 3$
Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{BQ_р^н}{R} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^2 \cdot час}$	700÷800	800 ÷ 900	900	800 ÷ 900	900	900	800 ÷ 900
Видимое теплонапряжение топочного объема	$\frac{BQ_р^н}{V_т} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^3 \cdot час}$	200÷250	200 ÷ 250		200 ÷ 250		200 ÷ 250	
Коэффициент избытка воздуха в топке . .	$\alpha_т$	—	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с шурующей планкой			Топки с забрасывателями и неподвижным слоем			
			бурые угли			бурые угли			
			типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	антрациты АРШ, $A_п = 3$
Потеря от химической неполноты сгорания	q_3	%	1	1	2	1	1	1	0,5
Потеря от механической неполноты сгорания	q_4	%	9	6	7	11	7	7	18
Содержание горючих в шлаке и провале . .	$Г_{шл+пр}$	%	6	6	15	10	10	15	25
Содержание горючих в уносе	$Г_{ун}$	%	20	20	30	20	20	30	65

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с шурующей планкой			Топки с забрасывателями и неподвижным слоем			
			бурые угли			бурые угли			
			типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	типа подмосковных, $A_п = 10$	типа челябинских, $A_п = 6{,}5$	каменные угли с $V_г > 25\%$, $A_п = 4$	антрациты АРШ, $A_п = 3$
Доля золы топлива в шлаке и провале . .	$a_{шл+пр}$		0,75	0,75	0,8	0,75	0,75	0,75	0,7
Доля золы топлива в уносе	$a_{ун}$		0,25	0,25	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3
Давление воздуха под решеткой	$p_д$	*мм* вод. ст.	100	100	100	60	60	60	100
Температура дутьевого воздуха	$t_в$	°С	25 ÷ 200	25 ÷ 200	25	25 ÷ 200	25 ÷ 200	25	25

Таблица 8-73*

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с наклонно-переталкивающими решетками		Шахтные топки	Скоростные топки		Топка с наклонной решеткой (финская)
			бурые угли с $W^{р} \leqslant 40\%$, $A_{п} = 6{,}5 \div 10$	эстонские и глосские сланцы, $A_{п} = 25$	торф $W^{р} = 40\%$, $A^{с} = 10\%$	рубленая щепа, $W^{р} = 40 \div 50\%$	дробленые отходы и опилки, $W^{р} = 40 \div 50\%$	древесные отходы и опилки, $W^{р} = 50\%$
Видимое тепловое напряжение зеркала горения	$\frac{BQ^{н}_{р}}{R} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^{2} \cdot час}$	700	800	1100	5000 ÷ 8000	2000 ÷ 4000	500
Видимое теплонапряжение топочного объема	$\frac{BQ^{н}_{р}}{V_{т}} 10^{-3}$	$\frac{ккал}{м^{3} \cdot час}$	200 ÷ 250	200	200 ÷ 250	300 ÷ 400	300 ÷ 400	200 ÷ 250
Коэффициент избытка воздуха в топке . .	$\alpha_{т}$	—	1.3	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с наклонно-переталкивающими решетками		Шахтные топки	Скоростные топки		Топка с наклонной решеткой (финская)
			бурые угли с $W^р \leqslant 40\%$, $A_п = 6{,}5 \div 10$	эстонские и гдовские сланцы, $A_п = 25$	торф $W^р = 40\%$, $A_с = 10\%$	рубленая щепа, $W^р = 40 \div 50\%$	дробленые отходы и опилки, $W^р = 40 \div 50\%$	древесные отходы и опилки, $W^р = 50\%$
Потеря от химической неполноты сгорания	q_3	%	1	3	2	3	4	4
Потеря от механической неполноты сгорания	q_4	%	5—7	3	2	3	4	4
Содержание горючих в шлаке и провале .	$Г_{шл+пр}$	%	5	—	—	—	—	—
Содержание горючих в уносе	$Г_{ун}$	%	20	—	—	—	—	—

Продолжение

Наименование величин	Обозначения	Размерность	Топки с наклонно-переталкивающими решетками		Шахтные топки	Скоростные топки		Топка с наклонной решеткой (финская)
			бурые угли с $W_р \leqslant 40\%$, $A_п = 6{,}5 \div 10$	эстонские и гдовские сланцы, $A_п = 25$	торф $W_р = 40\%$, $A_с = 10\%$	рубленая щепа, $W_р = 40 \div 50\%$	дробленые отходы и опилки, $W_р = 40 \div 50\%$	древесные отходы и опилки, $W_р = 50\%$
Доля золы топлива в шлаке и провале . .	$a_{шл+пр}$		0,8	—	—	—	—	—
Доля золы топлива в уносе	$a_{ун}$		0,2	—	—	—	—	—
Давление воздуха под решеткой	$p_д$	*мм* вод. ст.	60	60	60	70	100	80
Температура дутьевого воздуха	$t_в$	°C	200	200	$25 \div 200$	$25 \div 250$	$25 \div 250$	$25 \div 200$

Таблица 6-74. Расчетные характеристики топок с жидким шлакоудалением

Тип топки	Коэффициент избытка воздуха в конце топки $\alpha_т$	Соотношение между тепло-напряжениями объема топок с жидким и сухим шлако-удалением	Доля золы топлива в уносе $a_{ун}$
Однокамерные топки, в том числе ошипованная зона экранов	1,15 ÷ 1,2	1,2 5,0	0,6 ÷ 0,7
Двухкамерные топки, в том числе первые камеры	1,1 ÷ 1,15	1,3 5,0	0,4 ÷ 0,5
Топки с высоким шлакоудалением	1,1	1,5	0,1 ÷ 0,15
в том числе: а) предтопки топок ВТИ ($L/D \approx$ ≈ 5,0)		Размеры выбираются по тепловому напряжению сечения, равному (15 ÷ 16) 10^6 *ккал/м²·час*	
в том числе: б) циклонные предтопки ($L/D \approx$ ≈ 1,25)		То же по тепловому напряжению сечения, равному (12 ÷ 13) 10^6 *ккал/м²·час*	

Глава 6-4

ПЕРЕДАЧА ТЕПЛОТЫ

§ 6-31. Теплопроводность

Закон распространения тепла в теплопроводящей среде (*закон Фурье*):

$$q = -\lambda_t \operatorname{grad} t \ \text{ккал/м}^2 \cdot \text{час}.$$

Для большинства материалов

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 + bt). \qquad (6\text{-}3)$$

Передача тепла через плоскую однородную стенку:

$$Q = qF\tau = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2)F\tau \text{ ккал},$$

где $\frac{\lambda}{\delta}$ *ккал/м²·час·град* — тепловая проводимость,

$\frac{\delta}{\lambda}$ *м²·час·град/ккал* — термическое сопротивление стенки,

F *м²* — площадь стенки, τ *час* — время.

При $\lambda = \text{const}$ уравнение температурной прямой в стенке имеет вид

$$t_x = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\delta}x,$$

где t_x °С — температура на расстоянии x от поверхности стенки. При $\lambda = f(t)$ согласно (6-3) уравнение температурной кривой:

$$t_x = -\frac{1}{b} + \sqrt{\left(\frac{1}{b} + t_1\right)^2 - \frac{2qx}{b\lambda_0}}.$$

Удельный тепловой поток [*ккал/м²·час*] через многослойную плоскую стенку

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}},$$

где $\delta_1, \ldots, \delta_n$ — толщина каждого слоя в *м*; $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ — их коэффициенты теплопроводности в *ккал/м·час·град*. Передача тепла через цилиндрическую однородную стенку длиной l *м*:

$$Q = \frac{2\pi\lambda l}{\ln\frac{d_2}{d_1}}(t_1 - t_2)\tau \text{ ккал},$$

где d_2 и d_1 — наружный и внутренний диаметры. В этом случае при $\lambda = \text{const}$ температура стенки, °С

$$t_x = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\ln\frac{d_2}{d_1}}\ln\frac{d_x}{d_1},$$

а при $\lambda = \lambda_0(1 + bt)$

$$t_x = -\frac{1}{b} + \sqrt{\left(\frac{1}{b} + t_1\right)^2 - \frac{ql}{\pi\lambda_0 b}\ln\frac{d_x}{d_1}}.$$

Удельный тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку, отнесенный к единице ее длины, в *ккал/м·час*

$$q_l = \frac{2\pi(t_1 - t_{n+1})}{\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{d_3}{d_2} + \ldots + \frac{1}{\lambda_n}\ln\frac{d_{n+1}}{d_n}},$$

или

$$q_l = \frac{\pi (t_1 - t_{n+1})}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}\frac{\varphi_1}{d_{\text{ср}1}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\frac{\varphi_2}{d_{\text{ср}2}} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}\frac{\varphi_n}{d_{\text{ср}n}}}.$$

При $n = 1$

$$q_l = \frac{\lambda}{\delta}\frac{\pi d_{\text{ср}}}{\varphi}(t_1 - t_2).$$

В этих формулах:

$$\varphi = \varphi_1 = f\left(\frac{d_1}{d_2}\right); \quad \varphi_2 = f\left(\frac{d_3}{d_2}\right); \quad \ldots \varphi_n = f\left(\frac{d_{n+1}}{d_n}\right).$$

В зависимости от отношения d_2/d_1 φ имеет следующие значения:

$\frac{d_2}{d_1}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
φ	1,003	1,009	1,018	1,029	1,040	1,099	1,155	1,207	1,254

Коэффициенты теплопроводности воды и пара приведены в табл. 6-4, газов — в табл. 6-24, 6-27, 6-29, жидких металлов — в табл. 6-13, твердых тел — в табл. 6-86 и 6-91, теплоизолирующих материалов — в табл. 6-78 и 6-79.

§ 6-32. Конвекция

Количество тепла, переданного соприкосновением (при конвекции), определяется *по формуле Ньютона*:

$$Q = \alpha F (t_{\text{ж}} - t_{\text{ст}})\tau \text{ ккал},$$

где $t_{\text{ж}}$ — температура жидкости (или газа); $t_{\text{ст}}$ — температура стенки; коэффициент теплоотдачи соприкосновением $\alpha = f(w, t_{\text{ж}}, t_{\text{ст}}, \lambda, c_p, \rho, \mu, l_1, l_2, l_3 \ldots)$ определен для большинства практически важных случаев опытным путем.

В общем виде критериальное уравнение конвективного теплообмена $\text{Nu} = f(\text{Fo}, \text{Re}, \text{Gr}, \text{Pr})$.

Теплоотдача в неограниченном пространстве от тел любой формы и размеров к любым капельным жидкостям и газам при $\text{Pr} \geqslant 0{,}7$ описывается уравнением

$$\text{Nu}_{\text{ср}} = c\,(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^n_{\text{ср}}, \tag{6-4}$$

где определяющий размер — для труб их диаметр d, для плит — их высота, а определяющая температура $t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{ж}} + t_{\text{ст}}}{2}$:

$c =$	1,18	0,54	0,135
$n =$	0,125	0,25	0,333

при $(\text{Gr} \cdot \text{Pr})_{\text{ср}} = 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$ $\quad 5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$ $\quad 2 \cdot 10^7 \div 1 \cdot 10^{13}$.

Для горизонтальной плиты определенный по формуле (6-4) коэффициент теплоотдачи увеличивается на 30%, если теплоотдающая поверхность обращена вверх, и уменьшается на 30%, если теплоотдающая поверхности обращена вниз.

В случае горизонтальных труб для любых жидкостей

$$Nu_{ж} = 0{,}51 Gr_{ж}^{0{,}25} Pr_{ж}^{0{,}25} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25},$$

а для воздуха

$$Nu_{вз} = 0{,}47 Gr_{вз}^{0{,}25}.$$

Теплоотдача при свободной конвекции в замкнутом ограниченном пространстве рассматривается как процесс передачи тепла путем теплопроводности:

$$q = \frac{\lambda_{эк}}{\delta} \Delta t \ ккал/м^2 \cdot час,$$

где δ *м* — толщина прослойки, через которую происходит теплопередача; $\Delta t = t_{ст1} - t_{ст2}$ °С; $\lambda_{эк} = \varepsilon_к \lambda$ *ккал/м · час · град*; λ — коэффициент теплопроводности прослойки, определенный по

$$t_{ж} = \frac{t_{ст1} + t_{ст2}}{2}.$$

В зависимости от величины $(Gr \cdot Pr)_{ж}$ коэффициент $\varepsilon_к$ имеет следующие значения:

$(Gr \cdot Pr)_{ж}$	< 1000	$(1 \div 1000) \cdot 10^3$	$10^6 \div 10^{10}$
$\varepsilon_к$	1	$0{,}105 (Gr \cdot Pr)_{ж}^{0{,}3}$	$0{,}4 (Gr \cdot Pr)_{ж}^{0{,}2}$

§ 6-33. Теплоотдача при движении жидкости в трубах и каналах

Средний коэффициент теплоотдачи при вынужденном движении любых упругих и капельных жидкостей в трубах и каналах любой поперечной формы сечения при турбулентном режиме течения находится из уравнения

$$Nu_{ж} = 0{,}021 Re_{ж}^{0{,}8} Pr_{ж}^{0{,}43} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} \varepsilon_l, \qquad (6\text{-}5)$$

справедливого для $Re_{ж} = 10^4 \div 5 \cdot 10^6$ и $Pr_{ж} = 0{,}6 \div 2500$, за исключением области резкого изменения c_p, а следовательно, и $Pr_{ж}$ воды и водяного пара в зависимости от температуры. За определяющий размер принимается эквивалентный диаметр $d_{экв}$, равный учетверенной площади поперечного сечения канала, деленной на полный смоченный периметр этого сечения, независимо от того, какая часть периметра участвует в теплообмене. Выражения для $d_{экв}$ при различных сечениях приведены в табл. 6-75.

При $l/d_{экв} \geq 50$ коэффициент ε_l равен единице, при меньших $l/d_{экв}$ ε_l имеет следующие значения:

$Re_ж$ \ $\frac{l}{d_{экв}}$	1	2	5	10	15	20	30	40
10^4	1,65	1,50	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03
$2 \cdot 10^4$	1,51	1,40	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02
$5 \cdot 10^4$	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02
10^5	1,28	1,22	1,15	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
10^6	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01

Для змеевиков коэффициент теплоотдачи α, полученный из уравнения (6-5), следует умножить на $\varepsilon_R = 1 + 1{,}77\frac{d_{экв}}{R}$, где R — радиус змеевика в *м*.

Для воздуха ($Pr_ж \approx 0{,}7$) уравнение (6-5) упрощается:

$$Nu_ж = 0{,}018\, Re_ж^{0{,}8}.$$

При ламинарном режиме течения ($Re_ж < 2 \cdot 10^3$):

$$Nu_ж = 0{,}15\, Re_ж^{0{,}33}\, Pr_ж^{0{,}43}\, Gr_ж^{0{,}1} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} \varepsilon_l,$$

где ε_l имеет следующие значения:

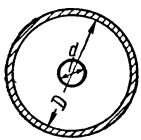
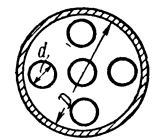
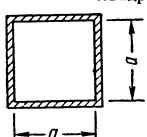
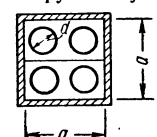
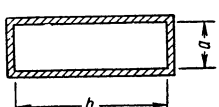
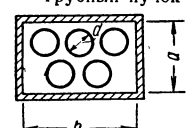
$\frac{l}{d_{экв}}$	1	2	5	10	15	20	30	40	50
ε_l	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1,0

При переходном режиме течения ($Re_ж = 2 \cdot 10^3 \div 8 \cdot 10^3$):

$Re_ж \cdot 10^{-3}$	2,2	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	5	6	7	8
K_0	2,2	3,6	4,9	7,5	10	12,2	16,5	20	24	27

причем $K_0 = Nu_ж\, Pr_ж^{-0{,}43} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{c1}}\right)^{-0{,}25}$.

Таблица 6-75. **Выражения для определения $d_{экв}$**

Сечение	$d_{экв}$	Сечение	$d_{экв}$
Кольцевой зазор 	$D-d$	Трубный пучок в цилиндре [1] 	$\frac{D^2-nd^2}{D+nd}$
Квадратный канал 	a	Трубный пучок в квадратном канале 	$\frac{4a^2-n\pi d^2}{4a+n\pi d}$
Прямоугольный канал 	$\frac{2ab}{a+b}$	Трубный пучок в прямоугольном канале 	$\frac{4ab-n\pi d^2}{2(a+b)+n\pi d}$

Примечание к табл. 6-75. [1] n — число труб в сечении

При продольном омывании пучка труб диаметром d, расположенных с шагами s_1 и s_2, при $Re \geq 5 \cdot 10^3$.

$$Nu_ж = 0{,}021\, Re_ж^{0{,}8}\, Pr_ж^{0{,}43} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25} \left(\frac{s_1 s_2}{d^2}\right)^{0{,}18}.$$

§ 6-34. Теплоотдача при движении жидкости и воздуха поперек труб

При поперечном омывании единичного цилиндра и угле атаки $\psi = 90°$:

при $Re = 10 \div 1000$

$$Nu_ж = 0{,}59\, Re_ж^{0{,}47}\, Pr_ж^{0{,}38} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25}, \quad Nu_{вз} = 0{,}52\, Re_{вз}^{0{,}47}$$

при $Re = 1000 \div 2 \cdot 10^5$

$$Nu_ж = 0{,}21\, Re_ж^{0{,}62}\, Pr_ж^{0{,}38} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25}, \quad Nu_{вз} = 0{,}18\, Re_{вз}^{0{,}62}.$$

С уменьшением угла атаки теплоотдача ухудшается и в эти формулы нужно вводить поправочный коэффициент ε_ψ, который имеет следующие значения:

$\psi°$	90	80	70	60	50	40	30
ε_ψ	1,0	1,0	0,985	0,94	0,86	0,76	0,66

При поперечном омывании пучка труб расчетные формулы для среднего коэффициента теплоотдачи при угле атаки $\psi = 90°$ для третьего и всех последующих рядов труб:

при коридорном расположении труб

$$Nu_ж = 0{,}23\, Re_ж^{0{,}65}\, Pr_ж^{0{,}33} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25},$$

для воздуха при чистых трубах $Nu_{вз} = 0{,}21\, Re_{вз}^{0{,}65}$,

для воздуха с учетом практического загрязнения труб $Nu_{вз} = 0{,}18\, Re_{вз}^{0{,}64}$;

при шахматном расположении труб

$$Nu_ж = 0{,}41\, Re_ж^{0{,}6}\, Pr_ж^{0{,}33} \left(\frac{Pr_ж}{Pr_{ст}}\right)^{0{,}25};$$

для воздуха при чистых трубах $Nu_{вз} = 0{,}37\, Re_{вз}^{0{,}6}$.

для воздуха с учетом практического загрязнения труб $Nu_{вз} = 0{,}29\, Re_{вз}^{0{,}6}$.

Для первого ряда пучка труб найденный коэффициент теплоотдачи умножается на коэффициент $\varepsilon_1 = 0{,}6$, а для второго ряда пучка — на $\varepsilon_2 = 0{,}9$ при коридорном расположении труб и на $\varepsilon_2 = 0{,}6$ при шахматном расположении труб.

Поправочный коэффициент на угол атаки имеет значения:

$\psi°$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
ε_ψ	1,0	1,0	0,98	0,94	0,88	0,78	0,67	0,52	0,42

Определяющими являются: средняя температура жидкости (газа), скорость в наименьшем сечении ряда труб, наружный диаметр труб.

Средний коэффициент теплоотдачи для пучка в целом:

$$\alpha_{\text{пуч}} = \frac{\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2 + \alpha_3 (F_3 + F_4 + \ldots + F_n)}{F_1 + F_2 + \ldots + F_n} \quad \text{ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град},$$

где α_1, α_2, α_3 — коэффициенты теплоотдачи по рядам; F_1, F_2, F_3, ..., F_n — поверхности нагрева всех труб в каждом ряду.

§ 6-35. Теплоотдача при движении жидких металлов

Теплоотдача при свободном движении жидких металлов:

при $\text{Gr}_{\text{ср}} = 10^2 \div 10^9$ $\quad \text{Nu}_{\text{ср}} = 0{,}52\,\text{Gr}_{\text{ср}}^{0{,}25}\,\text{Pr}_{\text{ср}}^{0{,}4}$

при $\text{Gr}_{\text{ср}} = 10^9 \div 10^{13}$ $\quad \text{Nu}_{\text{ср}} = 0{,}106\,\text{Gr}_{\text{ср}}^{0{,}33}\,\text{Pr}_{\text{ср}}^{0{,}4}$.

Определяющей является средняя температура пограничного слоя $t_{\text{ср}}$.

При вынужденном турбулентном движении жидких металлов в каналах в случае $\text{Re}_{\text{ж}} = 10^4 \div 10^6$ и $\text{Pr}_{\text{ж}} = 4 \cdot 10^{-3} \div 3{,}2 \cdot 10^{-2}$:

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 4{,}5 + 0{,}014\,(\text{Re}_{\text{ж}}\,\text{Pr}_{\text{ж}})^{0{,}8}\,\varepsilon_l.$$

Определяющей является средняя температура металла $t_{\text{ж}}$.

$$\varepsilon_l = 1{,}72\left(\frac{d_{\text{экв}}}{l}\right)^{0{,}16}; \quad \text{при } \frac{l}{d_{\text{экв}}} \geqslant 30 \quad \varepsilon_l = 1.$$

§ 6-36. Теплоотдача при кипении жидкости

При кипении жидкостей в большом объеме и естественной конвекции коэффициент теплоотдачи определяется из выражения

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 0{,}082\,\text{Pr}_{\text{ж}}^{-0{,}45}\,\text{K}_q^{0{,}7}\,\text{K}_u^{0{,}33},$$

а критический тепловой поток, т. е. тепловой поток, при котором режим кипения становится пленочным, — из выражения

$$\text{K}_q = 10^3\,\text{Pr}^{0{,}5}\,\text{K}_u^{0{,}67}\,\text{Ar}^{0{,}25}.$$

Здесь $\text{K}_q = \dfrac{qp'l^2}{\lambda\sigma}\,\dfrac{\gamma' - \gamma''}{\gamma'} = \dfrac{q r \gamma''}{AT_{\text{н}}\lambda(\gamma' - \gamma'')}$ — критерий, определяющий число действующих центров парообразования; при критической тепловой нагрузке $\text{K}_q = \text{K}_{q_{\text{кр}}}$; $\text{K}_u = \dfrac{c_p\sigma}{rp'l} \cdot \dfrac{\gamma'}{\gamma''} \cdot \dfrac{\gamma'}{\gamma' - \gamma''} = \dfrac{AT_{\text{н}} c_p \sigma \gamma'}{r^2(\gamma'')^2 l}$ — критерий, определяющий частоту отрыва пузырьков пара.

В качестве линейного размера принята величина $l = \sqrt{\frac{\sigma}{\gamma' - \gamma''}}$, пропорциональная отрывному диаметру пузырька пара d_0; физические параметры отнесены к жидкой фазе при температуре насыщения $t_н$.

В развернутом размерном виде эти уравнения записываются следующим образом:

$$\alpha = 6{,}9 \cdot 10^{-8} \left(\frac{\gamma'' r}{\gamma' - \gamma''}\right)^{0{,}033} \left(\frac{\gamma'}{\sigma}\right)^{0{,}333} \frac{\lambda^{0{,}75} q^{0{,}7}}{\mu^{0{,}45} c_p^{0{,}117} T_н^{0{,}37}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град},$$

$$q_{кр} = \frac{4700 \lambda^{0{,}4} (\gamma' - \gamma'')^{0{,}48} (\gamma'' r)^{0{,}36} T_н^{0{,}32} \sigma^{0{,}21}}{(\gamma')^{0{,}31} c_p^{0{,}08} \mu^{0{,}14}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час}.$$

Для пузырькового кипения воды при давлениях 0,2 ÷ 100 *кГ/см²* *абс* рекомендуются упрощенные формулы:

$$\alpha = 3q^{0{,}7} p^{0{,}15} \quad \text{и} \quad \alpha = 39 \Delta t^{2{,}33} p^{0{,}5} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град},$$

$$q = 14{,}55 \Delta t^{3{,}33} p^{0{,}5} \text{ ккал/м}^2 \text{ час}, \text{ причем } \Delta t = t_{ст} - t_ж.$$

До получения надежных опытных данных коэффициент теплоотдачи при кипении жидкости, движущейся в трубах, следует определять по формулам для большого объема с введением в них коэффициента 0,7.

§ 6-37. Теплоотдача при конденсации пара

Коэффициент теплоотдачи [*ккал/м² · час · град*] при конденсации пара на вертикальных трубах высотой H [*м*]

$$\alpha = 1{,}15 \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \lambda^3}{\mu} \cdot \frac{r}{H (t_н - t_{ст})}},$$

а на горизонтальных

$$\alpha = 0{,}72 \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \lambda^3}{\mu} \cdot \frac{r}{d (t_н - t_{ст})}}.$$

Здесь γ, λ и μ берутся для средней температуры пленки $t_{ср} = 0{,}5 (t_н + t_{ст})$, а r — для температуры насыщения $t_н$.

При увеличении скорости w конденсирующегося пара выше 10 *м/сек* и при $p \geqslant 1$ *ата* коэффициент теплоотдачи α увеличивается во много раз и тем больше, чем больше w и p. При шероховатой и оксидированной поверхности труб α уменьшается на 30% и больше. При конденсации перегретого пара α несколько (на ~ 3%) увеличивается; расчет ведется по той же формуле, в которую вместо r подставляется $r' = r + c_{пе} (t_{пе} - t_н)$ [*ккал/кг*]. Содержание в конденсирующемся паре газов очень сильно уменьшает α. При конденсации пара внутри горизонтальных и слабо наклоненных труб $Nu = 0{,}025 \, Re^{0{,}8} \, Pr^{0{,}4} \, (\gamma'/\gamma'')^{0{,}4}$. При конденсации пара внутри вертикальных труб

$$Nu \approx 0{,}14 Re^{0{,}7} Pr^{0{,}4} (\gamma'/\gamma'')^{0{,}35}.$$

§ 6-38. Пределы изменения коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах

Коэффициенты теплоотдачи соприкосновением α *ккал/м² · час · град* в различных теплообменных аппаратах могут изменяться в пределах:

при нагревании и охлаждении воздуха	1 ÷ 60
при нагревании и охлаждении масел	50 ÷ 1500
» » » » воды	200 ÷ 10000
от дымовых газов к стенке котла, пароперегревателя, водяного экономайзера и воздухоподогревателя	15 ÷ 60
от стенки воздухоподогревателя к воздуху	15 ÷ 60
» » пароперегревателя к пару	800 ÷ 2000
» » водяного экономайзера к воде	3000 ÷ 5000
при кипении воды	500 ÷ 45000
от стенки кипятильной или экранной трубы к кипящей воде	1200 ÷ 20000
при пленочной конденсации водяных паров	4000 ÷ 15000
» капельной конденсации водяных паров	40000 ÷ 120000
» конденсации паров органических веществ	500 ÷ 2000

§ 6-39. Лучистый теплообмен

Согласно закону Стефана — Больцмана полное количество энергии, излучаемой 1 $м^2$ абсолютно черного тела в 1 час,

$$E_0 = \sigma_0 T^4 = C_0 (T/100)^4 \ ккал/м^2 \cdot час.$$

Константа излучения абсолютно черного тела

$$\sigma_0 = 4{,}9 \cdot 10^{-8} \ ккал/м^2 \cdot час \cdot град^4.$$

Коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела

$$C_0 = \sigma_0 \cdot 10^8 = 4{,}9 \ ккал/м^2 \cdot час \cdot град^4.$$

Применительно к материалам, являющимся серыми телами:

$$E = \varepsilon E_0 = 4{,}9\varepsilon (T/100)^4 \ ккал/м^2 \cdot час.$$

Степень черноты различных материалов $\varepsilon = C/C_0$ указана в табл. 6-76.

Если между поверхностями черных тел *1* и *2* при отсутствии отражающих поверхностей происходит теплообмен излучением, то

$$Q = 4{,}9 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] H \ ккал/час, \qquad (6\text{-}6)$$

где $H = \varphi_{1,2} F_1 = \varphi_{2,1} F_2$ — взаимно-излучающая поверхность тел *1* и *2*; F_1 и F_2 — поверхности тел *1* и *2*; $\varphi_{1,2}$ и $\varphi_{2,1}$ — средние по поверхности коэффициенты облучения тела *1* на тело *2* и тела *2* на тело *1*, зависящие от формы и расположения тел. В общем виде

$$H = \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2}{\pi r^2} dF_2,$$

где ψ_1 и ψ_2 — углы между направлениями распространения излучения и нормалями к площадкам dF_1 и dF_2; r — расстояние между площадками. Формулы или диаграммы для вычисления H, $\varphi_{1,2}$ и $\varphi_{2,1}$ в различных случаях приводятся в специальных руководствах.

Таблица 6-76. Степень черноты ε полного излучения для различных материалов

Наименование материала	t °C	ε
Алюминий полированный	225÷575	0,039÷0,057
» шероховатый	26	0,055
» окисленный при 600°С	200÷600	0,11÷0,19
Железо полированное	425÷1020	0,144÷0,377
» свежеобработанное наждаком	20	0,242
» окисленное	100	0,736
» » гладкое	125÷525	0,78÷0,82
» литое необработанное	925÷1115	0,87÷0,95
» листовое оцинкованное блестящее	28	0,228
Железо листовое оцинкованное серое окисленное	24	0,276
Золото тщательно полированное	225÷635	0,018÷0,035
Латунная пластина прокатанная с естественной поверхностью	22	0,06
Латунная пластина прокатанная, обработанная грубым наждаком	22	0,20
Латунная пластина тусклая	50÷350	0,22
Латунь окисленная при 600° С	200÷600	0,61÷0,59
Медь тщательно полированная электролитная	80÷115	0,018÷0,023
Медь торговая шабреная до блеска, но не зеркальная	22	0,072
Медь окисленная при 600° С	200÷600	0,57÷0,87
» расплавленная	1075÷1275	0,16÷0,13
Молибденовая нить	725÷2600	0,096÷0,292
Никель технически чистый полированный	225÷375	0,07÷0,087
Никель окисленный при 600° С	200÷600	0,37÷0,48
Никелированное травленое железо неполированное	20	0,11
Никелевая проволока	185÷1000	0,096÷0,186
Окись железа	500÷1200	0,85÷0,95
» меди	800÷1100	0,66÷0,54
» никеля	650÷1255	0,59÷0,86
Хромоникель	125÷1034	0,64÷0,76
Олово (блестящее луженое листовое железо)	25	0,043÷0,064
Платина чистая, полированная пластина	225÷625	0,054÷0,104
Платиновая лента	925÷1115	0,12÷0,17
» нить	25÷1230	0,036÷0,192
» проволока	225÷1375	0,073÷0,182
Ртуть очень чистая	0÷100	0,09÷0,12
Свинец серый окисленный	25	0,281
» окисленный при 200° С	200	0,63
Серебро полированное чистое	225÷625	0,0198÷0,0324
Стальное литье полированное	770÷1040	0,52÷0,56
Сталь листовая шлифованная	940÷1100	0,55÷0,61
» окисленная при 600° С	200÷600	0,80

Продолжение

Наименование материала	t °C	ε
Сталь листовая с плотным блестящим слоем окиси	25	0,82
Хром	100÷1000	0,08÷0,26
Цинк продажный (99,1%) полированный	225÷325	0,045÷0,053
Цинк окисленный при 400° С	400	0,11
Чугун обточенный	830÷990	0,60÷0,70
» окисленный при 600° С	200÷600	0,64÷0,78
Алюминиевые краски различной давности и с переменным содержанием Al	100	0,27÷0,67
Алюминиевый лак на шероховатой пластине	20	0,39
Алюминиевая краска после нагрева до 325° С	150÷315	0,35
Асбестовый картон	24	0,96
Асбестовая бумага	40÷370	0,93÷0,945
Бумага тонкая, наклеенная на металлическую пластину	19	0,924
Вода	0÷100	0,95÷0,963
Гипс	20	0,903
Дуб строганый	20	0,895
Кварц плавленый шероховатый	20	0,932
Кирпич красный шероховатый, но без больших неровностей	20	0,93
Кирпич динасовый неглазурованный шероховатый	100	0,80
Кирпич динасовый глазурованный шероховатый	1100	0,85
Кирпич шамотный глазурованный	1100	0,75
» огнеупорный	—	0,8÷0,9
Лак белый	40÷95	0,80÷0,95
» » эмалевый на железной шероховатой пластине	23	0,906
Лак черный блестящий, распыленный на железной пластине	25	0,875
Лак черный матовый	40÷95	0,96÷0,98
Масляные краски различных цветов	100	0,92÷0,96
Мрамор сероватый полированный	22	0,931
Резина мягкая серая шероховатая (рафинированная)	24	0,859
Резиновая твердая лощеная пластина	23	0,945
Сажа, свечная копоть	95÷270	0,952
» с жидким стеклом	100÷185	0,959÷0,947
» ламповая 0,075 *мм* и больше	40÷370	0,945
Стекло гладкое	22	0,937
Толь	21	0,910
Уголь очищенный (0,9% золы)	125÷625	0,81÷0,79
Угольная нить	1040÷1405	0,526
Фарфор глазурованный	22	0,924

Продолжение

Наименование материала	t °C	ε
Шеллак черный блестящий на луженом железе	21	0,821
Шеллак черно-матовый	75÷145	0,91
Штукатурка шероховатая известковая	10÷88	0,91
Эмаль белая, приплавленная к железу	19	0,897

Количество тепла, передаваемого от одной черной поверхности к другой при наличии одной или нескольких отражающих поверхностей F_{R_1}, F_{R_2}, . . . , определяется по формуле (6-6), в которой величина H заменяется величиной $\overline{H}=\bar{\varphi}_{1,2}\ F_1=\bar{\varphi}_{2,1}\ F_2$, учитывающей, кроме прямого излучения, и отраженное излучение от поверхностей F_{R_1}, F_{R_2} . . .

В реальных условиях теплообмен между телами, которые являются серыми, а не черными, определяется по той же формуле (6-6) с заменой H на $\overline{H}=\bar{\bar{\varphi}}_{1,2}\ F_1=\bar{\bar{\varphi}}_{2,1}\ F_2$. Эти величины зависят не только от геометрических параметров, но и от степеней черноты тел. Для случая двух серых излучающих поверхностей и любого числа отражающих поверхностей

$$\bar{\bar{\varphi}}_{1,2}=\frac{1}{\dfrac{1}{\bar{\varphi}_{1,2}}+\left(\dfrac{1}{\varepsilon_1}-1\right)+\dfrac{F_1}{F_2}\left(\dfrac{1}{\varepsilon_2}-1\right)}.$$

Если отражающие поверхности отсутствуют, величина $\bar{\varphi}_{1,2}$ превращается в $\varphi_{1,2}$.

Количество тепла [*ккал/м²·час*], получаемого или отдаваемого вследствие излучения единицей поверхности стенки:

$$q_{из}=\frac{Q}{F}=4{,}9\varepsilon_э\left[\varepsilon_г\left(\frac{T_г}{100}\right)^4-A_г\left(\frac{T_{ст}}{100}\right)^4\right],$$

где $\varepsilon_э=0{,}5\ (\varepsilon_{ст}+1)$ — эффективная степень черноты стенки, $\varepsilon_г=(\varepsilon_{CO_2}+\beta\varepsilon_{H_2O}-\Delta\varepsilon_г)$ — степень черноты газа, зависящая от $t_г$, парциальных давлений p_{CO_2} и p_{H_2O} в газовой смеси и эффективной толщины l *см* газового слоя. Поглощательная способность газа при $t_{ст}$:

$$A_г=A_{CO_2}+A_{H_2O}-\Delta A_г.$$

Здесь

$$A_{CO_2}=\varepsilon_{CO_2}\left(\frac{T_г}{T_{ст}}\right)^{0{,}65};\quad A_{H_2O}=\beta\varepsilon_{H_2O}$$

и

$$\Delta A_г=\Delta\varepsilon_г l=\frac{100mV}{F};$$

$m=3{,}6$ при $l>100$ *см* и $m=3{,}4$ при $l<100$ *см*; V *м*³ — объем, в котором находится газ; F *м*² — поверхность стенок, ограничивающих этот

объем. В частном случае, когда газ заполняет пространство между трубами в многорядном пучке,

$$l = 1{,}08 d_н \left(\frac{s_1}{d_н} \cdot \frac{s_2}{d_н} - 0{,}785 \right) см,$$

где s_1 — шаг вдоль и s_2 — поперек потока.

§ 6-40. Сложный теплообмен между стенкой и газом

При сложном теплообмене между стенкой и газом, состоящем из теплообмена соприкосновением и теплообмена лучеиспусканием, удельный тепловой поток [*ккал/м²·час·град*] в направлении от газа, имеющего температуру $t_ж$, к стенке

$$q = q_с + q_л = \alpha_с (t_ж - t_{ст}) + 4{,}9\varepsilon \left[\left(\frac{T_ж}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ст}}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= (\alpha_с + \alpha_л)(t_ж - t_{ст}),$$

где

$$\alpha_л = 4{,}9 \cdot 10^{-8} \varepsilon \frac{T_ж^4 - T_{ст}^4}{t_ж - t_{ст}} = 4{,}9\varepsilon\theta, \qquad (6\text{-}7)$$

ε — приведенная степень черноты системы; $\theta = 10^{-8} \dfrac{T_ж^4 - T_{ст}^4}{T_ж - T_{ст}}$ — температурный коэффициент.

При $\dfrac{T_ж}{T_{ст}} = 0{,}9 \div 1{,}1$ температурный коэффициент

$$\theta = 0{,}04 \left(\frac{T_{ср}}{100} \right)^3$$

и

$$\alpha_л = 0{,}196\varepsilon \left(\frac{T_{ср}}{100} \right)^3 \quad ккал/м^2 \cdot час \cdot град,$$

где $T_{ср} = 0{,}5 (T_ж + T_{ст})$.

Значения температурных коэффициентов θ при разных температурах $t_ж$ и $t_{ст}$ приведены в табл. 6-77.

Если температура оболочки $t_{об}$ не равна $t_ж$, θ определяется по $t_{ст}$ и $t_{об}$, а в (6-7) вносится поправка

$$\psi_ж = \frac{t_{об} - t_{ст}}{t_ж - t_{ст}},$$

так что

$$\alpha_л = 4{,}9\varepsilon\psi_ж\theta \quad ккал/м^2 \cdot час \cdot град.$$

При теплообмене в обратном направлении, т. е. от стенки к газу, температуры $T_ж$ и $T_{ст}$ в расчетных формулах меняются местами.

Таблица 6-77. **Значения температурных коэффициентов θ**

$t_{ж}$ \ $t_{ст}$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800
1800	102,5	108,6	115,1	122,4	130,4	139,4	149,0	159,7	171,4	184,0	198,0	229,0	266,0	308,0	356,0
1600	76,9	81,9	87,5	93,8	100,9	108,6	117,3	126,8	137,3	148,9	161,3	190,0	223,6	213,0	—
1400	56,0	60,9	64,9	70,3	76,3	83,1	90,7	99,1	108,5	119,0	130,2	156,3	187,2	—	—
1200	39,18	42,6	46,58	51,2	56,3	62,2	68,8	76,3	84,6	93,9	104,1	127,8	—	—	—
1000	26,21	28,96	32,20	35,98	40,35	45,38	51,1	57,6	65,0	73,3	82,6	—	—	—	—
900	20,97	23,42	23,33	29,76	33,76	38,41	43,75	49,85	56,8	64,6	—	—	—	—	—
800	16,50	18,66	21,26	24,36	28,01	32,29	37,29	42,93	49,5	—	—	—	—	—	—
700	12,72	14,62	16,92	19,71	23,04	26,96	31,55	38,84	—	—	—	—	—	—	—
600	9,59	11,30	13,27	15,77	18,79	22,38	26,61	—	—	—	—	—	—	—	—
500	7,03	8,44	10,23	12,46	15,19	18,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	4,99	6,19	7,75	9,73	12,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	3,408	4,422	5,77	7,53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	2,225	3,070	4,233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	1,380	2,076	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0,814	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

§ 6-41. Теплопередача через стенку

Теплопередача от одного теплоносителя с температурой $t_{ж1}$ °С к другому, имеющему температуру $t_{ж2}$ °С, $Q = k\,(t_{ж1} - t_{ж2})\tau$ *ккал* характеризуется коэффициентом теплопередачи k *ккал/м²·час·град*. Величина, обратная k, т. е. $r = \frac{1}{k}$ *м²·час·град/ккал* называется термическим сопротивлением теплопередачи. Оно слагается из ряда частных сопротивлений:

$$r_1 = \frac{1}{\alpha_1};\ r_{ст} = r_{ст1} + r_{ст2} + \ldots + r_{стn} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \text{ и } r_2 = \frac{1}{\alpha_2},$$

где $\delta_1, \delta_2 \ldots \delta_n$ — толщины стенок, характеризуемых теплопроводностями $\lambda_1, \lambda_2 \ldots \lambda_n$.

Для плоской многослойной стенки

$$r = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2},$$

а

$$k = \frac{1}{r} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Если температура первичного теплоносителя $t_{ж1}$ °С, удельная тепловая нагрузка q *ккал/м²·час* и известны все термические сопротивления, то температура стенки со стороны первичного теплоносителя

$$t_{ст1} = t_{ж1} - q\frac{1}{\alpha_1},$$

а со стороны вторичного теплоносителя

$$t_{ст2} = t_{ст1} - q\sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} = t_{ж1} - q\left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i}\right);$$

температура вторичного теплоносителя

$$t_{ж2} = t_{ст2} - q\frac{1}{\alpha_2}.$$

Разности температур $(t_{ж1} - t_{ст1})$, $(t_{ст1} - t_{ст2})$ и $(t_{ст2} - t_{ж1})$ — частные температурные напоры; разность $(t_{ж1} - t_{ж2})$ — полный температурный напор.

Поверхность нагрева теплообменного аппарата, предназначенного для передачи Q *ккал/час* тепла, равна $F = \frac{Q}{l}$ *м²*.

Теплопередачу через цилиндрическую стенку (трубу) удобнее рассчитывать, относя удельную тепловую нагрузку к единице длины l трубы: $q_l = \frac{q}{l}$ *ккал/м·час*. Для однослойной цилиндрической стенки

$$r_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \quad [м \cdot час \cdot град/ккал],$$

а для многослойной

$$r_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}} \quad [м \cdot час \cdot град/ккал]$$

и

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}} \quad [ккал/м \cdot час \cdot град]. \quad (6\text{-}8)$$

Температура стенки со стороны первичного теплоносителя

$$t_{ст1} = t_{ж1} - q_l \frac{1}{\pi \alpha_1 d_1};$$

со стороны вторичного теплоносителя

$$t_{ст2} = t_{ст1} - \frac{q_l}{\pi} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} =$$

$$= t_{ж1} - \frac{q_l}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right),$$

и температура вторичного теплоносителя

$$t_{ж2} = t_{ст2} - \frac{q_l}{\pi \alpha_2 d_{n+1}} °C.$$

Поверхность нагрева теплообменного аппарата $F = \frac{Q \pi d}{q_l}$ *м²* по той стороне трубы, к которой относится диаметр d. Соответственно коэффициент теплопередачи, отнесенный к единице поверхности,

$$k = \frac{k_l}{\pi d} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}.$$

В ряде практических случаев приведенные расчетные формулы могут быть значительно упрощены. При расчете теплообменных аппаратов можно пренебрегать малыми по сравнению с другими термическими сопротивлениями. Так, при расчете поверхности нагрева кипятильных, экранных и экономайзерных труб паровых котлов пренебрегают термическими сопротивлениями стенки трубы переходу тепла от стенки к воде и учитывают только наибольшее сопротивление переходу тепла от газов к стенке.

Если отношение внутреннего диаметра трубы к наружному $\frac{d_1}{d_2} > 0{,}5$, что имеет место для большинства теплообменных аппаратов, то весь расчет можно вести по условному диаметру $d_{усл}$, за который принимается: d_2 при $\alpha_1 \gg \alpha_2$, $0{,}5\,(d_1 + d_2)$ при $\alpha_1 \approx \alpha_2$ и d_1 при $\alpha_1 \ll \alpha_2$. При этом вместо выражения (6-8) применяется следующее:

$$k_l = \frac{d_{усл}}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \pi d_{усл} k,$$

где k — коэффициент теплопередачи для плоской стенки.

В тех случаях, когда коэффициент теплоотдачи зависит от удельной тепловой нагрузки (например, при кипении), предварительно определенный коэффициент α_2 должен уточняться при определении k.

Если пренебречь термическим сопротивлением стенки, получим, что $k = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$, т. е. коэффициент теплопередачи k всегда меньше наименьшего из коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2. Следовательно, для интенсификации теплообмена и уменьшения поверхности нагрева теплообменного аппарата нужно увеличивать наименьший коэффициент теплоотдачи. Это достигается, в частности, оребрением поверхности нагрева.

Количество тепла в *ккал/час*, передаваемого через плоскую стенку, оребренную с одной стороны, при расчете по гладкой поверхности:

$$Q = k_{гл}\,(t_{ж1} - t_{ж2})\,F_1 = \frac{(t_{ж1} - t_{ж2})\,F_1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}\frac{F_1}{F_2}}$$

и при расчете по ребристой поверхности:

$$Q = k_р(t_{ж1} - t_{ж2})\,F_2 = \frac{(t_{ж1} - t_{ж2})\,F_2}{\frac{1}{\alpha_1}\frac{F_2}{F_1} + \frac{\delta}{\lambda}\frac{F_2}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Здесь F_1 *м*^{2} — величина гладкой поверхности; F_2 *м*^{2} — величина ребристой поверхности; F_2/F_1 — коэффициент оребрения.

§ 6-42. Тепловой расчет теплообменника

Тепловой расчет теплообменника сводится к определению его поверхности нагрева в результате решения уравнения теплового баланса:

$$Q = G_1(i'_1 - i''_1) = G_2(i''_2 - i'_2)$$

и уравнения теплопередачи:

$$Q = k\Delta t F.$$

Здесь G_1 и G_2 — расходы отдающего тепло и воспринимающего тепло теплоносителей в *кг/час*; $(i'_1 - i''_2)$ и $(i''_2 - i'_2)$ — изменения их энтальпии

в *ккал/кг*; Δt — средний температурный напор, т. е. средняя разность температур обоих теплоносителей в °С.

Средний температурный напор

$$\overline{\Delta t} = \psi \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{2{,}3 \lg \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}},$$

где $\Delta t_б$ — разность температур обоих теплоносителей на том конце теплообменника, где температура больше; $\Delta t_м$ — то же на том конце, где температура меньше; ψ — коэффициент, учитывающий характер омывания поверхности нагрева теплоносителями. При чистом прямотоке или противотоке $\psi = 1$. При противотоке $\overline{\Delta t}$ больше, чем при прямотоке, а поверхность нагрева теплообменника меньше. При постоянстве температуры одного из теплоносителей $\overline{\Delta t}$ как при прямотоке, так и противотоке равны. Средний логарифмический температурный напор всегда меньше среднеарифметического.

В практических расчетах при $\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м} \leqslant 4{,}5$ принимают

$$\overline{\Delta t} = 0{,}5\,(\Delta t_б + \Delta t_м) - 0{,}1\,(\Delta t_б - \Delta t_м),$$

а при $\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м} \leqslant 1{,}8$

$$\overline{\Delta t} = 0{,}5\,(\Delta t_б + \Delta t_м).$$

Ниже приведены значения $\frac{\overline{\Delta t}}{\Delta t_м}$ как функции отношения $\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}$.

$\frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,	2,167	2,200	2,232	2,265	2,297	2,330	2,362	2,394	2,425	2,457
5,	2,488	2,519	2,551	2,582	2,612	2,643	2,673	2,704	2,734	2,764
6,	2,794	2,824	2,854	2,884	2,913	2,942	2,971	3,000	3,029	3,058
7,	3,087	3,116	3,145	3,173	3,201	3,229	3,258	3,286	3,313	3,340
8,	3,369	3,398	3,426	3,453	3,481	3,508	3,536	3,563	3,591	3,618
9,	3,645	3,672	3,699	3,726	3,753	3,780	3,807	3,833	3,860	3,886
10,	3,913	3,940	3,966	3,992	4,018	4,044	4,071	4,097	4,123	4,149
11,	4,175	4,201	4,228	4,254	4,279	4,304	4,330	4,355	4,381	4,406
12,	4,432	4,457	4,483	4,508	4,533	4,558	4,583	4,609	4,634	4,659
13,	4,684	4,709	4,734	4,759	4,784	4,808	4,833	4,858	4,883	4,909
14,	4,923	4,956	4,981	5,005	5,031	5,056	5,080	5,103	5,128	5,152
15,	5,176	5,200	5,225	5,249	5,273	5,296	5,320	5,344	5,368	5,392
16,	5,416	5,440	5,464	5,488	5,512	5,535	5,559	5,583	5,607	5,630
17,	5,654	5,677	5,700	5,724	5,748	5,771	5,795	5,818	5,842	5,865
18,	5,889	5,912	5,945	5,958	5,982	6,005	6,028	6,051	6,074	6,097
19,	6,120	6,143	6,166	6,189	6,212	6,235	6,258	6,281	6,304	6,327
20,	6,349	6,372	6,395	6,418	6,441	6,463	6,486	6,509	6,532	6,554

§ 6-43. Теплоизоляционные материалы и конструкции

Таблица 6-78. **Характеристика теплоизоляционных материалов**

Наименование материала	Предельная температура применения, °С	Объемный вес γ сухого материала или конструкции кГ/м³	Коэффициент теплопровод в сыпучем состоянии при $t_{ср}$				
			100	200	300	400	500
Альфоль	500	20	—	—	—	—	—
Асбест VI сорт	600	800	$0{,}056+\frac{0{,}016}{100}t_{ср}+\frac{0{,}07}{1000}\gamma$				
Асбозурит	450	700	$0{,}025+\frac{0{,}03}{100}t_{ср}+\frac{0{,}136}{1000}\gamma$				
Асбослюда	400	580	—	—	—	—	—
Асботермит	550	570	—	—	—	—	—
Вулканит	600	400	—	—	—	—	—
Диатомит молотый	800	400÷500	$0{,}04+\frac{0{,}024}{100}t_{ср}+\frac{0{,}085}{1000}\gamma$				
Диатомитовый кирпич и другие изделия из диатомита	350	500÷700	—	—	—	—	—
Зонолит	900	200÷250	0,084	0,107	0,129	0,152	0,174
Новоазбозурит	350	650	—	—	—	—	—
Ньювель	400	370	—	—	—	—	—
Пенобетон	570	—	—	—	—	—	—
Пробковые плиты	120	250	—	—	—	—	—
Совелит	450	440	$0{,}033+\frac{0{,}012}{100}t_{ср}+\frac{0{,}085}{1000}\gamma$				
Совелитовые плиты	500	400	—	—	—	—	—
Торфоплиты	100	200	—	—	—	—	—
Торфоплиты марки: «Оригиналь»	120	220	—	—	—	—	—
Шевелин	75	260	—	—	—	—	—
Шлаковая вата	700	200÷270	0,062	0,075	0,087	0,100	0,112

Примечание к табл. 6-78. [1]) $t_{ср}=\frac{t_ж+t_{вз}}{2}$ °С, где $t_ж$ и $t_{вз}$ – температуры среды и окружающего воздуха в °С.

продолжение на след. стр.

продолжение

Характеристика теплоизоляционных материалов

ности λ, *ккал/м · час · град*				
конструкции				
°C [1])				
100	200	300	400	500
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0,196	0,212	0,228	0,244	0,260
0,154	0,168	0,183	0,197	0,204 при 450° С
0,105 при $t_{ср} = 50°$ С				
0,106	0,119	0,131	0,144	0,156
0,080	0,090	0,100	0,110	0,120
—	—	—	—	—
0,117	0,137	0,157	0,167 при 350° С	—
—	—	—	—	—
0,136	0,148	0,160	0,166 при 350° С	—
0,080	0,086	0,091	0,097	—
0,100	0,105	0,110	—	—
0,060 при 0° С				
0,085	0,092	0,100	0,107	0,111 при 450° С
0,084	0,100	0,116	0,132	0,148
0,052	—	—	—	—
0,059	—	—	—	—
0,045 при 0° С				
—	—	—	—	—

Таблица 6-79. **Характеристика основных теплоизоляционных конструкций**

Наименование конструкций	Составные элементы конструкции	Объемный вес без каркаса, *кГ/м³*	Расчетная толщина изоляции, *мм*	λ *ккал/м · час · град* при $t_{ср}$ °С				
				100	200	300	400	500
	Мастичные конструкции							
Асбозуритовая	Прокидка основного слоя и зачистка асбозуритом	700	—	0,154	0,168	0,183	0,197	0,204 при 450° С
Асботермитовая	Прокидка на 5 *мм* асбестом; слой асботермита расчетной толщины и зачистка асбозуритом на 5 *мм*	600	40	0,118	0,131	0,144	0,156	0,169
		567	120	0,110	0,122	0,135	0,147	0,160
Диатомитовая	20% асбеста, 70% диатомита и 10% извести	500	—	0,090	0,110	—	—	—
Новоасбозуритовая	Прокидка на 5 *мм* асбозуритом; слой новоасбозурита расчетной толщины и зачистка асбозуритом на 5 *мм*	662	40	0,140	0,152	0,164	0,170 при 350° С	—
			120	0,137	0,149	0,161	0,167 при 350° С	—
Ньювелевая	Прокидка на 5 *мм* асбестом; слой ньювеля расчетной толщины и зачистка асбозуритом на 5 *мм*	465	40	0,093	0,100	0,107	0,114	—
		402	120	0,085	0,091	0,097	0,102	—

Продолжение

Наименование конструкций	Составные элементы конструкции	Объемный вес без каркаса, кГ/м³	Расчетная толщина изоляции, мм	λ ккал/м · час · град при $t_{ср}$ °С				
				100	200	300	400	500
Совелитовая	Прокидка на 5 мм асбестом; слой совелита расчетной толщины и зачистка асбозуритом на 5 мм	517	40	0,097	0,105	0,113	0,120	0,128
		466	120	0,090	0,097	0,105	0,113	0,121
Трепельная	20% асбеста, 70% трепела и 10% извести	600	—	0,110	0,130	—	—	—
	Конструкции из формованных изделий							
Диатомитовая из сегментов или скорлуп в один слой	Укладка сегментов или скорлуп впритирку с промазкой швов не более 3 мм асбозуритом; каркас; зачистка асбозуритом на 15 мм	578	—	0,123	0,143	0,163	0,173 при 350° С	—
То же в два слоя	Укладка таким же способом первого слоя; каркас; слой асбозурита в 10 мм; укладка второго слоя тем же способом; зачистка асбозуритом на 15 мм	578	—	0,122	0,142	0,162	0,172 при 350° С	—

Продолжение

Наименование конструкций	Составные элементы конструкции	Объемный вес без каркаса, *кг/м³*	Расчетная толщина изоляции, *мм*	λ *ккал/м · час · град* при $t_{ср}$ °С				
				100	200	300	400	500
Совелитовые плиты	Подмазка из мастичного совелита в 5 ÷ 10 *мм*; от 1 до 4 слоев плит в шахматном порядке с тщательной притиркой швов; проволочный каркас; асбозуритовый штукатурный слой в 5 *мм*	470	40	0,090	0,106	0,122	0,138	0,154
		420	170	0,085	0,101	0,117	0,133	0,150
Торфоплиты	Подмазка из асбозурита в 10 *мм*; 1—3 слоя плит или сегментов в шахматном порядке с промазкой швов асбозуритом; проволочный каркас; асбозуритовый штукатурный слой в 10 *мм* . .	400	50	0,070	0,077 при 150° С	—	—	—
		290	110	0,059	0,065 при 150° С	—	—	—
	Засыпка							
Шлаковая вата	Кольца из диатомитового кирпича; металлические сетки или асбестовый картон; слой шлаковаты расчетной толщины; асбозуритовая штукатурка до 30 *мм*	380	90	0,085	0,104	0,123	0,142	0,161
		307	150	0,080	0,099	0,118	0,137	0,156

Потери тепла через изоляцию в окружающую среду. Рассчитывается по формуле

$$Q = \alpha_э \cdot F(t_{из} - t_{вз}) \ ккал/час,$$

где F — поверхность изоляции в $м^2$; $t_{из}$ и $t_{вз}$ — температуры внешней поверхности изоляции и окружающего воздуха в °С; $\alpha_э = \alpha_с + \alpha_л$ — коэффициент теплоотдачи от поверхности в окружающую среду. Коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции $\alpha_с$ определяется по (6-4). Для горизонтальных теплоотдающих поверхностей, обращенных вверх, $\alpha_с$, полученный по (6-4) умножают на 1,3, а для обращенных вниз — на 0,7. Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием находят по формуле

$$\alpha_л = 4{,}2 \cdot 10^{-8} \frac{T_{из}^4 - T_{вз}^4}{t_{из} - t_{вз}} \ ккал/м^2 \cdot час \cdot град \ (T_{из} \text{ и } T_{вз} \text{ в °К}).$$

При $t_{из} = 70°$ С и $t_{вз} = 35°$ С $\alpha_л = 5{,}81$ $ккал/м^2 \cdot час \cdot град$
$= 50°$ С $= 25°$ С $= 5{,}24$ »
$= 45°$ С $= 35°$ С $= 5{,}12$ »

Максимально допустимая потеря тепла. По правилам технической эксплуатации электростанций t ° С внешних поверхностей изоляции:

а) котлоагрегата и вспомогательного оборудования котельной	Не должна превышать	70° С	При температуре окружающего воздуха	35° С
б) баков питательной воды		45° С		35° С
в) оборудования машинного зала		50° С		25° С
г) газовоздухопроводов и всех станционных и сетевых трубопроводов		50° С		25° С

При соблюдении этих температур и при условии, что лучистый теплообмен происходит между излучающим тепло оборудованием и стенками, имеющими температуру окружающей среды, максимально допустимая потеря тепла $q_{макс} = \alpha_э (t_{из} - t_{вз})$ $ккал/м^2 \cdot час$ составит:

	$\alpha_с$	$\alpha_л$	Δt °С	Вертикальная поверхность и трубопроводы		Горизонтальная поверхность, обращенная			
						вверх		вниз	
				$\alpha_э$	$q_{макс}$	$\alpha_э$	$q_{макс}$	$\alpha_э$	$q_{макс}$
По группе а)	4,36	5,81	35	10,2	357	11,5	402	8,9	311
» » б)	2,9	5,12	10	8,0	80	8,9	89	7,2	72
» » в)	3,94	5,24	25	9,2	230	10,4	260	8,0	200
» » г) $d_{из} \geqslant 200$ мм	3,94	5,24	25	9,2	230	10,4	260	8,0	200
$d_{из} = 100$ мм	4,82	5,24	25	10,1	252	11,5	288	8,6	215

Таблица 6-80. Потери тепла через изоляцию трубопроводов [1]

В таблице приведены потери тепла $q_{из}$ *ккал/м·час* на 1 *пог. м* трубопровода при $t_{из} = 50°$ С. По нормам Главстройпроекта потери тепла не должны превышать указанных в таблице значений.

Диаметр труб, *мм*	условный	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	Вертикальная поверхность, *ккал/м²·час*
	наружный	57	108	159	216	267	325	377	427	478	529	
Температура теплоносителя $t_т$, °С	100	44	55	66	77	88	100	110	123	135	145	90
	150	64	83	102	121	140	159	178	197	215	235	120
	200	83	103	134	158	183	208	234	259	284	309	150
	250	102	132	161	191	220	250	279	309	339	368	180
	300	121	155	189	223	257	291	325	359	393	427	210
	350	143	182	221	260	299	338	377	416	455	494	230
	400	168	211	251	297	340	383	426	469	512	556	230
	450	175	232	280	320	375	425	465	505	525	670	230
	500	185	215	295	348	392	443	485	525	607	688	230
	550	198	265	315	370	415	465	505	546	628	710	230

Примечание к табл. 6-80. [1] Числа, расположенные ниже от жирной линии, подсчитаны автором, исходя из данной выше максимально допустимой потери тепла трубопроводами в 230 *ккал/м²·час*, так как для температур 450 ÷ 550° С величины теплопотерь, указанные в инструкции Главстройпроекта, сильно завышены.

Таблица 6-81. **Необходимая толщина изоляции трубопровода**

Толщина изоляции $\delta_{из} = 0{,}5\,(d_{из} - d_{тр})$ *мм* определяется по допустимой величине потери тепла $q_{из}$ *ккал/м·час* и коэффициенту теплопроводности $\lambda_{из}$ из соотношения

$$\lg \frac{d_{из}}{d_{тр}} = 2{,}73 \frac{\lambda_{из}}{q_{из}} (t_т - t_{из}).$$

Толщина изоляции плоской стенки при потере тепла q *ккал/м²·час*:

$$\delta = 1000 \frac{\lambda}{q} (t_т - t_{из}) \text{ мм}.$$

Толщина изоляции трубопроводов $\delta_{из}$ *мм* для соблюдения указанных в табл. 6-80 потерь тепла должна быть при $\lambda_{из} = 0{,}1$ *ккал/м·час·град* не менее величин, приведенных в табл. 6-81.

Диаметр труб, *мм*	условный	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	Вертикальная поверхность, *ккал/м²·час*
	наружный	57	108	159	216	267	325	377	427	478	529	
Температура теплоносителя $t_т$, °С	100	30	41	49	55	57	60	62	63	64	65	55
	150	48	61	66	74	75	79	80	80	81	81	85
	200	60	75	82	89	90	93	94	94	94	94	100
	250	69	86	95	101	103	107	107	108	108	108	110
	300	76	95	103	110	113	117	118	118	118	118	120
	350	78	98	107	115	117	121	122	123	123	123	130
	400	85	99	110	119	122	125	127	129	129	129	152
	450	92	107	115	123	127	132	135	138	143	147	174
	500	100	117	127	135	140	145	149	152	157	161	196
	550	110	127	137	147	153	158	162	166	172	176	217

§ 6-44. Физические свойства некоторых химических элементов и соединений

Таблица 6-82. **Свойства некоторых химических элементов при 0 °С**

Элемент	Символ	Атомный вес	γ_0, $\frac{кГ}{м^3}$	$\alpha_0 \cdot 10^6$, $град^{-1}$	$t_{пл}$, °С	$t_{кип}$, °С	$q_{пл}$, $\frac{ккал}{кг}$	$a_0 \cdot 10^3$, $\frac{м^2}{час}$	λ_0, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
Алюминий	Al	26,97	2700	22,9	660,1	2000	92	312	180	0,214
Бериллий	Be	9,02	1840	10,5	1280	1500	—	183,5	135	0,400
Бор	B	10,82	2340	8,0	2500	—	—	—	—	—
Ванадий	V	50,95	5900	—	1720	3000	—	43	30	0,1185
Висмут	Bi	2,09	9830	13,3	271	1500	13	28,4	8,1	0,029
Вольфрам	W	184,0	19340	4,3	3380	4730	61	234	145	0,032
Железо	Fe	55,84	7880	11,3	1535	3000	64	77,3	64	0,105
Золото	Au	197,2	19310	14,15	1063	2600	15,8	447	269	0,0311
Иридий	Ir	193,1	22500	6,5	2443	4900	28	74,8	51,6	0,0307
Кадмий	Cd	112,41	8660	29	320,9	766	12,5	168	80	0,0549
Калий	K	39,1	870	84	63,5	759	14,6	560	86	0,176
Кальций	Ca	40,08	1540	25	851	1400	78,5	—	—	—
Кобальт	Co	58,94	8800	12	1492	3200	65	63,6	60	0,107
Кремний	Si	28,06	2330	2,4	1410	2350	—	—	—	—
Литий	Li	6,94	534	60	186	1400	159	145	59	0,79
Магний	Mg	24,32	1760	25,1	650	1120	50	305	136	0,233
Марганец	Mn	54,93	7400	21	1250	1900	63	177	135	0,103
Медь	Cu	63,57	8930	16,7	1083	2300	51	405	335	0,0926

Продолжение

Элемент	Символ	Атомный вес	γ_0, $\frac{кГ}{м^3}$	$\alpha_0 \cdot 10^6$, $град^{-1}$	$t_{пл}$, °С	$t_{кип}$, °С	$q_{пл}$, $\frac{ккал}{кг}$	$a_0 \cdot 10^3$, $\frac{м^2}{час}$	λ_0, $\frac{ккал}{м \cdot час \cdot град}$	c_p, $\frac{ккал}{кг \cdot град}$
Молибден	Mo	96,0	10200	5,1	2600	3500	48	196	121	0,0603
Натрий	Na	23,0	975	72	97,6	878	27,5	340	94	0,286
Никель	Ni	58,69	8900	13,4	1453	3075	72	64	58	0,102
Ниобий	Nb	93,8	8500	7,06	1950	3700	—	75,5	41	0,064
Олово	Sn	118,7	7300	21	231,9	2275	14	148	57	0,053
Палладий	Pd	106,7	12	11,8	1555	—	36	88	61	0,057
Платина	Pt	195,23	21,46	8,95	1769	4000	25	88,5	60	0,0316
Родий	Rh	102,9	12,440	7,85	1960	4500	52	106	77	0,0582
Рубидий	Rb	85,46	1540	90	39	696	6,1	324	40	0,080
Свинец	Pb	207,22	11350	28,3	327,3	1750	5,5	87,5	30,2	0,0304
Серебро	Ag	107,88	10500	19,49	960,5	2100	25	612	360	0,056
Сурьма	Sb	121,76	6690	9,2	630,5	1640	39	49,5	16,2	0,049
Таллий	Ta	180,88	16600	6,5	3000	—	—	—	32	—
Титан	Ti	47,9	4540	7,7	1800	3400	—	22,4	13	0,127
Торий	Th	232,12	11700	—	—	1700	—	—	—	—
Углерод, графит	C	12,01	1700 ÷ 2300	7,9	3540	4000	—	440	150÷100	0,16
Уран	U	238,07	19100	23	1133	—	—	30,9	16,5	0,028
Хром	Cr	52,01	7150	5,9	1830	2300	75,5	78,5	60	0,107
Цинк	Zn	65,38	7150	30	419,5	905,7	25	148	97	0,0917
Цирконий	Zr	91,22	6530	—	1900	—	—	—	—	—

Таблица 6-83. Свойства неорганических соединений при 0° С

Вещество	Символ	Молекулярный вес	γ_0, $\frac{кГ}{м^3}$	$\beta \cdot 10^6$, $град^{-1}$	$t_{пл}$, °С	$q_{пл}$, $\frac{ккал}{кг}$	$t_{кип}$, °С	r, $\frac{ккал}{кг}$
Азотнокислый калий	KNO_3	101,104	2100	190	337	—	—	—
Азотнокислый натрий	$NaNO_3$	85,005	2260	110	310	45	—	—
Борный ангидрид	B_2O_3	69,64	1790	45	—	—	—	—
Гидроокись калия	KOH	56,104	2000	188	360	—	1320	550
Гидроокись натрия	NaOH	40,005	2130	84	328	40	1390	790
Двуокись олова	SnO_2	150,7	690	—	—	—	—	—
Закись железа	FeO	71,84	5900	—	1370	—	—	—
Закись — окись железа	Fe_3O_4	231,52	5100	9,6	1550	—	—	—
Карбид кальция	CaC_2	64,10	2210	—	2300	—	—	—
Кварц	SiO_2	60,06	2650	—	1470	—	—	—
Кристобалит	SiO_2	60,06	2300	—	1710	—	2590	—
Окись алюминия	Al_2O_3	101,94	4000	5,0	2050	—	2980	1130
» бария	BaO	153,36	5700	—	1923	—	1880	590
» железа	Fe_2O_3	150,68	5200	8,0	1560	—	—	—
» калия	K_2O	94,192	2300	—	—	—	—	390
» кальция	CaO	56,08	3300	60	2572	—	2850	—
» магния	MgO	40,32	3600	4	2800	—	—	—
» натрия	Na_2O	61,994	2300	—	—	—	—	—
» свинца	PbO	223,21	9300	55	880	10	1480	230
» хрома	Cr_2O_3	152,02	5200	2275	—	—	—	—
» цинка	ZnO	81,38	5700	23	2000	—	—	—
Пятиокись фосфора	P_2O_5	142,04	2290	—	563	—	—	—
Сернокислый барий	$BaSO_4$	233,42	4500	75	1580	—	—	—
» калий	K_2SO_4	174,25	2660	126	1067	—	—	—
» натрий	Na_2SO_4	142,05	2700	220	884	62	—	—
Хлористый барий	$BaCl_2$	208,27	3900	60	995	27,8	1560	290
» калий	KCl	74,553	1989	115	770	—	1413	600
» кальций	$CaCl_2$	110,99	2150	67	772	—	1600	—
» натрий	NaCl	58,454	2164	106	802	124	1440	680
Хлористое серебро	AgCl	143,337	5560	—	455	22	1554	300

Таблица 6-84. Коэффициенты для расчета c_p *ккал/кг · град*, c_{pm} *ккал/кг · град* металлов

Металл	Пределы t °C	a	$b \cdot 10^4$	$c \cdot 10^8$	$d \cdot 10^{-3}$	a	$b \cdot 10^4$	$c \cdot 10^8$	$d \cdot 10^{-3}$
		$c_p = a + bt + ct^2 + \frac{d}{(t+300)^2}$				$c_{pm} = a + bt + ct^2 + \frac{d}{t+300}$			
Al	0 ÷ 660	0,214	1,0	—	—	0,214	0,5	—	—
Au	0 ÷ 1050	0,0311	0,0166	0,466	—	0,0311	0,0083	0,155	—
Be	−100 ÷ 900	0,567	1,72	—	−15,0	0,567	0,86	—	−0,5
Bi	0 ÷ 271	0,0295	0,117	—	—	0,0295	0,058	—	—
Cd	−50 ÷ 250	0,055	0,155	—	—	0,0549	0,078	—	—
Co	0 ÷ 1200	0,107	0,18	6,4	—	0,107	0,09	2,1	—
Cr	0 ÷ 1550	0,107	0,57	—	—	0,107	0,28	—	—
Cu	0 ÷ 1080	0,0926	0,208	—	—	0,0926	0,104	—	—
Fe [1]	0 ÷ 700	0,105	0,80	7,5	—	0,105	0,40	2,5	—
K	−50 ÷ 50	0,176	0,80	—	—	0,176	0,40	—	—
Ir	0 ÷ 1600	0,0307	0,074	—	—	0,0307	0,037	—	—
Li	0 ÷ 186	0,79	11,8	—	—	0,79	5,9	—	—
Mg	0 ÷ 650	0,256	0,547	—	−3,35	0,256	0,274	—	−0,112
Mn	0 ÷ 835	0,103	1,3	—	—	0,103	0,65	—	—
Mo	0 ÷ 1400	0,0603	0,14	—	—	0,0603	0,07	—	—
Na	−150 ÷ 97	0,286	2,33	—	—	0,286	1,17	—	—
Ni	353 ÷ 1400	0,12	0,12	—	—	0,12	0,06	—	—
Pb	−180 ÷ 327	0,0304	0,153	—	—	0,0304	0,076	—	—
Pt [2]	400 ÷ 1600	0,03162	0,0631	—	—	0,03162	0,0316	—	—
Rb	0 ÷ 39	0,08	1,5	—	—	0,08	0,75	—	—
Rh	0 ÷ 1400	0,0582	0,213	−0,283	—	0,0582	0,106	−0,094	—
Sb	0 ÷ 600	0,0492	0,145	—	—	0,0492	0,072	—	—
Sn	0 ÷ 230	0,053	0,45	—	—	0,053	0,0022	—	—
Ti	0 ÷ 900	0,13	0,53	—	—	0,13	0,26	—	—
U	0 ÷ 1400	0,117	0,4	—	−0,35	0,117	0,20	—	−0,012
W	0 ÷ 2100	0,032	0,047	—	—	0,032	0,024	—	—
Zn	−100 ÷ 419	0,0917	0,413	—	—	0,0917	0,206	—	—

Примечания к табл. 6-84. 1) Температурный интервал для c_{pm} у Fe 0 ÷ 900. 2) Температурный интервал для c_{mp} у Pt 0 ÷ 1600.

Таблица 6-85. Коэффициенты для расчета $\alpha \cdot 10^8$ *град*$^{-1}$ металлов

Металл	Пределы, t °C	a	b	c
		$\alpha = a + bt + ct^2$		
Al	−100 ÷ 600	22,6	8,8	—
Au	0 ÷ 1000	14,15	1,58	1,09
Be	0 ÷ 600	10,5	12,6	−6,5
Bi	15 ÷ 100	13,4	—	—
Cd	0 ÷ 200	29,0	27,5	—
Co	0 ÷ 50	12,0	5,62	−3,08
Cr	0 ÷ 700	5,9	7,74	−3,6
Cu	0 ÷ 1000	16,7	3,6	—
Fe	0 ÷ 800	11,3	8,6	−5,6
K	0 ÷ 60	84	—	—
Ir	0 ÷ 800	6,5	1,52	—
Li	0 ÷ 100	60	—	—
Mg	0 ÷ 650	25,07	9,36	—
Mn	0 ÷ 600	24	—	—
Mo	0 ÷ 2100	5,1	0,965	—
Na	0 ÷ 95	72	—	—
Ni	350 ÷ 800	13,83	2,88	—
Pb	−100 ÷ 300	28,3	10	—
Pt	0 ÷ 1100	8,95	1,22	—
Rb	0 ÷ 30	90	—	—
Rh	0 ÷ 1500	7,85	4,45	−1,09
Sb	0 ÷ 600	9,2	1,9	—
Sn	0 ÷ 200	21	25	—
Ti	0 ÷ 700	7,7	3,8	—
W	0 ÷ 2100	4,3	0,71	—
Zn	−100 ÷ 400	30	20	—

Таблица 6-86. Коэффициенты теплопроводности λ *ккал/м · час · град* металлов в зависимости от t °С

(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Металл \ t °С	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Al (99,8%)	197	195	196	—	—	—	—	—	—
Al (99,0%)	180	183	189	194	198	202	—	—	—
Bi (99,995%)	8,1	6,6	6,1	—	—	—	—	—	—
Fe (99,999%)	—	75	66	57	48	43	—	—	—
Fe (99,9%)	—	58,5	53	47,5	42	37,1	33	29,6	26,5
Cd (чистый)	80,3	79	78,2	77,5	—	—	—	—	—
Li (99,8%)	136	131	127	124	123	—	—	—	—
Mg (чистый)	148	143	140	—	—	—	—	—	—
Mg (99,6%)	125	120	116	112	111,5	112,5	—	—	—
Mg (99,8%)	136	131	127	124	123	—	—	—	—
Cu (99,9%)	338	331	325	319	314	309	304	299	293
Ni (99,94%)	80	71	63	57	52	—	—	—	—
Ni (99,97%)	53	49	47	44	42	43	45	47	50
Ni (99,2%)	58	53	50	47	45	47	49	52	56
Zn (99,993%)	97	93,5	90	86	82	—	—	—	—
U	16,5	17,5	20	20,8	21,7	22,2 при 450° С	—	—	—
Zr (100%)	—	18	17,5	17,1	17,1	17,5	18,5	19,7	—
Zr 97% + 3% Sn	—	10,3	11,4	12,5	13,4	14,4	15,5	—	—

Таблица 6-87. Коэффициенты температуропроводности $a \cdot 10^3$ *м²/час* металлов в зависимости от t °С

Металл \ t °С	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Al (99,0%)	313	306	304	302	298	296	—	—	—
Bi	28,4	22	—	—	—	—	—	—	—
Fe (99,9%)	77,3	64,2	55,1	45,7	37,1	29,8	24,3	19,3	15,8
Cd	168	162,9	158,6	154,7	—	—	—	—	—
Li	145	123	—	—	—	—	—	—	—
Mg (чистый)	—	321,3	302,4	—	—	—	—	—	—
Mg (99,6%)	305	269	252	239	237	242	—	—	—
Cu (99,9%)	405	396	382	370	360	348	339	328	318
Ni	64	52,6	45,6	42,5	41,5	42,5	44,8	47,5	50,6
Zn (99,993%)	148	138	128	119	110	—	—	—	—

§ 6-45. Физические свойства сталей

Таблица 6-88. Коэффициенты линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ *град*$^{-1}$ сталей в интервале от 0 до t °С
(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Согласно ГОСТ каждый легирующий элемент обозначен буквой:
В — вольфрам, Г — марганец, Д — медь, К — кобальт, М — молибден, Н — никель, П — фосфор, С — кремний, Т — титан, Ф — ванадий, Х — хром, Ю — алюминий.

Первые две цифры в обозначении марки стали указывают содержание углерода в сотых долях процента. Цифры после буквы — содержание легирующего элемента в процентах. Отсутствие цифры после буквы означает, что легирующего элемента содержится около 1%. Буква А в конце марки показывает, что содержание как серы, так и фосфора не превышает 0,03%.

Буквы в заводских марках, указанные в скобках, означают:
Ж — хромистая нержавеющая сталь, И — опытная, Б — быстрорежущая, Э — завода Электросталь, Я — хромоникелевая нержавеющая.

Марка \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
08 кп	12,6	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	15,0	14,7	12,9	13,8	14,6	15,4
08	12,2	13,1	13,5	13,9	14,3	14,7	15,0	14,8	12,6	13,5	14,4	15,1
20	12,2	12,7	13,1	13,5	13,9	14,4	14,9	12,6	12,4	13,4	14,2	14,8
40	11,2	12,1	13,0	13,6	14,0	14,6	14,8	11,8	12,6	13,6	14,4	15,0
40	11,6	12,3	13,1	13,7	14,2	14,7	15,1	12,5	13,6	14,4	15,2	15,8
У8	11,1	11,7	12,5	13,2	13,6	14,2	14,7	13,8	15,2	15,7	16,2	16,5
У12	10,6	11,2	12,1	12,9	13,5	14,2	14,7	14,3	16,3	16,8	17,3	17,6
15М	12,0	12,6	13,2	13,7	14,2	14,7	—	—	—	—	—	—
20М	12,0	12,6	13,2	13,7	14,2	14,7	—	—	—	—	—	—
12МХ	11,5	12,1	12,9	13,6	14,0	14,5	14,8	—	—	—	—	—
12МХ	13,0	13,5	13,8	14,2	14,5	14,7	14,9	—	—	—	—	—
12МХ	12,7	13,2	13,6	14,2	14,5	14,9	15,1	—	—	—	—	—
15ХМ	11,9	12,6	13,2	13,7	14,0	14,3	—	—	—	—	—	—
20ХМ	11,8	12,5	13,0	13,6	14,0	14,3	—	—	—	—	—	—
30ХМА	12,3	12,6	—	14,5	—	14,6	—	—	—	—	—	—
12ХМФ	13,6	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,8	—	—	—	—	—
15ХФ	12,9	12,9	13,2	13,6	14,1	14,5	14,8	—	—	—	—	—

Продолжение

Марка \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
25ХФ	11,9	12,4	13,1	13,7	14,2	14,5	14,9	—	—	—	—	—
30Х	12,2	12,8	13,3	13,7	14,1	14,5	14,8	12,1	12,6	13,7	12,4	15,1
30Х	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	14,8	11,9	13,0	13,9	14,5	15,0
10Х2Ф	12,2	12,7	13,0	13,5	13,8	14,2	14,5	—	—	—	—	—
10Х2ФТ	12,1	12,8	13,8	13,6	13,7	14,1	14,3	—	—	—	—	—
10Х2ФМ	13,6	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,8	—	—	—	—	—
10Х2ФВ	10,5	11,3	12,6	12,9	13,4	13,6	13,8	—	—	—	—	—
10Х2МФ	13,6	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,8	—	—	—	—	—
10Х2МБ	13,6	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,8	—	—	—	—	—
25Х2МФ	11,3	11,7	—	13,9	—	14,4	—	—	—	—	—	—
30Н3	11,2	11,8	12,4	12,9	13,5	13,9	13,1	11,1	12,4	13,3	14,1	14,7
30ХН3	11,4	12,3	12,8	13,2	13,4	13,7	13,7	10,7	12,0	13,1	14,0	14,7
30ХН3	11,5	12,2	12,7	13,2	13,6	13,9	13,7	10,9	12,2	13,2	14,0	14,7
30ХН3	11,6	12,1	12,6	13,1	13,5	13,8	13,5	10,7	12,0	13,0	13,6	14,2
12Х5СМА	11,0	—	—	—	12,0	12,2	12,4	—	—	—	—	—
Х6М	12,6	13,2	13,7	14,0	14,3	—	—	—	—	—	—	—
30Г2	11,9	12,7	13,4	13,9	14,3	14,7	15,1	12,1	12,5	13,7	14,7	15,5
50С2Г	11,2	12,2	12,9	13,4	13,7	14,1	14,4	13,6	13,7	14,5	15,3	15,9
1Х13 [1]	10,3	11,6	11,7	12,2	12,4	12,6	12,9	13,3	—	—	—	—
1Х13	10,1	10,7	11,1	11,5	11,9	12,2	12,4	12,6	10,8	11,7	12,7	13,5
2Х13	10,2	11,2	11,5	11,9	12,2	12,8	12,8	13,0	—	—	—	—
2Х13	9,8	10,3	10,6	10,9	11,4	11,8	12,1	12,4	—	—	—	—
3Х13	10,2	11,1	11,6	11,9	12,3	12,5	12,8	13,1	—	—	—	—
3Х13	10,0	10,7	11,1	11,5	11,8	12,2	12,5	12,2	10,6	12,2	13,6	14,8
4Х13	9,8	11,0	11,6	12,0	12,4	12,5	12,9	12,9	—	—	—	—
Х17	10,8	—	—	—	11,6	11,8	12,1	12,4	—	—	—	—
Х28	10,0	—	—	—	11,1	11,3	11,5	12,0	12,4	12,9	—	—
Х18Н9 (ЭЯ1)	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	—	—	20,2	—	—
Х18Н9	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	—	—	—	—	—

Продолжение

Марка \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	2000
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	15,1	17,0	17,8	18,3	18,5	18,8	19,1	19,4	—	—	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	16,6	17,0	17,2	17,5	17,9	18,2	18,6	18,5	19,3	—	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	16,7	16,9	17,1	17,7	18,3	18,9	19,6	20,2	—	—	—	—
Х19Н8В	14,8	16,5	17,1	17,6	18,0	18,4	18,8	19,0	19,2	19,4	19,5	19,6
Х18Н9М	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	—	—	—	—	—
Х18Н9С2	16,2	17,1	17,9	18,6	19,2	19,9	20,5	—	—	—	—	—
Х18Н11Б	16,7	16,9	17,1	17,7	18,3	18,8	19,3	19,9	—	—	—	—
1Х14Н14В2М (ЭИ 257)	16,1	17,3	17,8	18,1	18,4	18,8	19,1	19,3	19,5	—	—	—
1Х14Н14В2М (ЭИ 257)	17,0	17,8	18,3	18,8	19,0	19,2	19,4	19,9	20,5	—	—	—
Х18Н12	17,8	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	—	—	—	—	—
Х20Н11	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	—	—	—	—	—
Х23Н13 (ЭИ319)	14,9	15,7	16,6	17,1	17,5	17,8	18,2	—	—	—	—	—
2Х25Н20	14,4	15,2	16,1	16,5	16,8	17,2	17,6	—	—	19,1	—	—
Х20Н14С2 (ЭИ211)	16,0	—	—	—	—	18,1	18,3	18,5	18,8	19,0	—	—
Х25Н20С2 (ЭИ283)	16,1	—	—	—	—	17,8	17,8	18,1	18,5	18,8	—	—
Н28	13,7	15,3	16,3	17,0	17,5	17,8	18,1	18,3	18,6	18,8	19,1	19,4
Г3	18,1	19,4	20,7	21,7	20,8	19,9	20,5	21,9	23,4	23,1	23,6	25,6
Г20Х12Ф	15,4	17,6	18,9	21,2	21,6	23,1	25,0	—	—	—	—	—
Г21Х15Т	15,3	17,6	19,8	21,8	22,7	23,0	24,1	25,2	—	—	—	—
Р18	11,2	11,7	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,0	11,4	12,4	13,3	14,1

Примечание к табл. 6-88. [1]) Далее температурный интервал от 20 до t °С.

Таблица 6-89. **Истинная теплоемкость c_p ккал/кг · град сталей**
(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Марка \ t	50 ÷ 100	150 ÷ 200	250 ÷ 300	350 ÷ 400	450 ÷ 500	550 ÷ 600	650 ÷ 700	750 ÷ 800	850 ÷ 900	950 ÷ 1000	1050 ÷ 1100	1150 ÷ 1200	1250 ÷ 1300
Fe (99,99%)	0,112	0,122	0,130	0,140	0,155	0,175	0,198	0,218	0,171	0,133	0,143	0,151	0,160
08 кп	0,115	0,124	0,132	0,142	0,158	0,180	0,207	0,209	0,203	0,160	0,160	0,160	0,160
08	0,115	0,125	0,133	0,142	0,158	0,177	0,205	0,229	0,195	0,157	0,158	0,159	0,159
20	0,116	0,124	0,133	0,143	0,158	0,179	0,202	0,227	0,155	0,155	0,155	0,159	0,164
40	0,116	0,123	0,131	0,140	0,155	0,169	0,184	0,149	0,131	0,149	0,151	0,156	0,164
40	0,114	0,124	0,132	0,142	0,151	0,171	0,203	0,207	0,141	0,150	0,151	0,156	0,162
У8	0,117	0,127	0,135	0,145	0,160	0,170	0,184	0,147	0,148	0,151	0,156	0,160	0,162
У8	0,119	0,130	0,135	0,144	0,159	0,179	0,199	0,151	0,148	0,147	0,152	0,160	0,166
У12	0,116	0,129	0,133	0,143	0,152	0,167	0,195	0,155	0,148	0,150	0,153	0,157	0,161
30Х	0,116	0,125	0,133	0,145	0,160	0,184	0,251	0,152	0,152	0,152	0,151	0,153	0,155
30Х	0,114	0,123	0,130	0,142	0,157	0,176	0,197	0,211	0,140	0,144	0,147	0,152	0,154
30Н3	0,115	0,125	0,131	0,141	0,158	0,179	0,391	0,144	0,153	0,155	0,153	0,155	0,158
30ХН3	0,118	0,125	0,134	0,143	0,161	0,185	0,312	0,233	0,139	0,152	0,154	0,156	0,158
30ХН3	0,117	0,125	0,131	0,142	0,159	0,182	0,274	0,136	0,137	0,152	0,155	0,157	0,159
30ХН3	0,118	0,125	0,132	0,142	0,157	0,177	0,200	0,223	0,137	0,150	0,149	0,149	0,153
30Г2	0,114	0,122	0,130	0,141	0,155	0,177	0,200	0,196	0,128	0,143	0,147	0,151	0,154
50С2Г	0,119	0,125	0,133	0,144	0,159	0,179	0,198	0,326	0,149	0,152	0,156	0,160	0,164
Х18Н9В	0,122	0,127	0,131	0,136	0,142	0,155	0,149	0,153	0,153	0,155	0,158	0,161	0,163
Н28	0,120	0,124	0,130	0,129	0,135	0,140	0,140	0,140	0,141	0,143	0,144	0,149	0,158
Г13	0,124	0,135	0,143	0,145	0,147	0,168	0,153	0,155	0,159	0,161	0,164	0,166	0,169
Р18	0,098	0,104	0,111	0,120	0,132	0,143	0,152	0,171	0,176	0,142	0,147	0,146	0,146

Таблица 6-90. Средняя теплоемкость c_{pm} *ккал/кг · град* сталей в интервале t от 50° до t °С

(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Марка \ t	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
Fe (99, 99%)	0,112	0,117	0,122	0,126	0,132	0,138	0,147	0,157	0,159	0,162	0,159	0,159	0,158
08 кп	0,116	0,120	0,124	0,128	0,134	0,141	0,150	0,162	0,166	0,165	0,165	0,164	0,167
08	0,116	0,120	0,124	0,129	0,134	0,141	0,150	0,163	0,168	0,166	0,166	0,165	0,164
20	0,116	0,120	0,124	0,129	0,134	0,141	0,150	0,168	0,168	0,166	0,165	0,164	0,164
40	0,116	0,119	0,123	0,127	0,133	0,139	0,145	0,161	0,157	0,156	0,155	0,155	0,156
40	0,114	0,120	0,124	0,129	0,133	0,140	0,148	0,171	0,168	0,166	0,164	0,163	0,163
У8	0,116	0,123	0,127	0,131	0,136	0,142	0,148	0,171	0,169	0,167	0,166	0,165	0,165
У8	0,120	0,125	0,124	0,132	0,137	0,144	0,151	0,176	0,173	0,170	0,168	0,167	0,167
У12	0,116	0,123	0,127	0,130	0,135	0,140	0,147	0,171	0,169	0,167	0,166	0,165	0,164
30Х	0,118	0,121	0,125	0,128	0,135	0,140	0,149	0,168	0,164	0,162	0,161	0,160	0,160
30Х	0,114	0,118	0,122	0,126	0,131	0,139	0,147	0,167	0,163	0,162	0,160	0,159	0,159
30Н3	0,116	0,120	0,124	0,128	0,133	0,140	0,164	0,167	0,165	0,164	0,162	0,162	0,162
30ХН3	0,118	0,121	0,125	0,128	0,135	0,143	0,160	0,166	0,164	0,162	0,161	0,161	0,160
30ХН3	0,116	0,121	0,125	0,128	0,135	0,142	0,156	0,166	0,164	0,162	0,161	0,161	0,161
30ХН3	0,116	0,120	0,125	0,128	0,135	0,143	0,156	0,171	0,169	0,167	0,165	0,164	0,164
30Г2	0,114	0,118	0,122	0,126	0,131	0,139	0,147	0,164	0,160	0,158	0,156	0,156	0,136
50С2Г	0,120	0,122	0,126	0,130	0,135	0,142	0,150	0,166	0,164	0,162	0,162	0,162	0,162
1Х13	0,112	0,119	0,123	0,128	0,135	0,143	0,152	0,157	0,159	0,159	0,159	0,158	0,158
3Х13	0,112	0,119	0,122	0,127	0,134	0,142	0,153	0,161	0,165	0,163	0,163	0,162	0,162
Н18Н9В	0,122	0,125	0,127	0,129	0,132	0,136	0,138	0,140	0,142	0,143	0,144	0,145	0,147
Н28	0,120	0,122	0,125	0,126	0,128	0,130	0,131	0,133	0,134	0,134	0,135	0,136	0,138
Г13	0,124	0,129	0,134	0,137	0,139	0,144	0,146	0,147	0,148	0,149	0,151	0,152	0,153
Р18	0,098	0,101	0,105	0,109	0,113	0,118	0,123	0,129	0,134	0,135	0,136	0,137	0,137

Таблица 6-91. **Коэффициенты теплопроводности λ *ккал/м·час·град* сталей**
(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Марка \ t	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
08кп	56	51,8	47,8	43,8	40,0	35,3	32,2	29,2	25,9	23,4	23,8	24,5	25,6
08	51,2	49,6	46,0	42,5	38,5	34,6	31,0	27,4	24,5	23,0	23,8	24,5	25,6
20	44,6	43,9	41,7	38,2	36,7	33,8	30,6	27,4	22,3	22,7	23,8	24,5	25,6
22К и 25К	—	42,5	40,7	39,2	37,4	35,6	33,8	—	—	—	—	—	—
40	44,6	43,5	41,4	39,2	36,0	32,8	28,9	25,8	21,3	22,1	23,1	24,1	25,4
40	41,4	41,4	40,0	37,8	35,3	33,1	31,0	27,0	23,0	22,3	23,0	24,1	25,6
У8	42,8	41,4	38,8	35,6	32,8	30,3	28,1	25,9	20,9	22,1	23,1	24,6	26,0
У8	43,9	42,1	39,6	36,0	33,2	30,6	28,6	26,4	20,9	21,7	23,1	24,6	25,4
У12	38,9	38,5	36,7	34,6	32,0	29,8	27,5	24,3	20,4	21,3	22,4	23,4	24,6
15М	—	39,0	37,5	36,5	35,0	32,0	30,0	28,0	27,0	26,0	—	—	—
16М	—	41,4	—	38,2	35,3	32,8	29,9	—	—	—	—	—	—
20М	—	38,5	37,0	36,0	34,5	32,0	30,0	28,0	27,0	25,0	—	—	—
12МХ	—	37,7	36,6	35,4	33,8	31,7	—	—	—	—	—	—	—
12МХ	—	36,2	35,9	34,9	33,5	31,9	30,4	28,9	27,7	26,5	—	—	—
12МХ	—	38,3	37,1	35,2	33,3	31,7	29,8	—	—	—	—	—	—
15ХМ	—	38,0	35,5	35,0	33,5	31,0	29,0	—	25,0	24,5	—	—	—
20ХМ	—	37,5	35,5	35,0	33,5	31,0	22,0	—	25,0	24,5	—	—	—
30ХМА	—	36	35	34	33	—	—	—	—	—	—	—	—
12ХМФ	—	38,0	35,5	35,0	33,5	31,0	29,0	—	25,0	24,5	—	—	—
15ХФ	—	38,7	38,1	37,4	35,0	32,4	29,0	25,6	—	—	—	—	—
15ХФ	—	37,1	36,4	36,2	34,1	31,3	28,8	25,5	—	—	—	—	—
30Х	—	40,0	38,2	36,4	33,1	30,6	27,4	24,8	22,4	23,0	24,1	24,8	—
30Х	—	36,7	36,0	35,0	33,5	31,4	29,2	26,7	22,7	23,4	24,1	25,2	—
10Х2МФ (ЭИ531)	—	33,0	32,5	32,5	32,0	30,5	28,0	25,0	—	23,5	—	—	—
10Х2МБ (ЭИ454)	—	32,0	31,5	31,0	31,0	30,0	28,0	25,0	—	23,5	—	—	—
25Х2МФ (ЭИ10)	—	36,0	35,6	35,3	34,0	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Марка \ t	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
12ХН2(Э1)	—	28,4	28,7	—	—	30,5	28,0	25,6	24,2	23,5	—	—	—
25Н3	—	32,4	33,2	32,8	31,3	29,5	27,4	24,5	21,6	22,7	23,8	24,6	—
12ХН3 (Э5)	—	—	—	—	—	27,0	—	22,0	—	22,0	—	—	—
12ХН3 (Э6)	—	37	31	—	—	31,4	—	25	25	—	—	—	—
30ХН0	—	31,0	31,8	31,8	31,4	30,3	28,8	25,2	22,4	22,7	23,8	24,8	—
30ХН3	—	30,6	31,4	31,4	31,4	29,5	27,4	24,5	22,4	22,7	23,8	24,8	—
30ХН3	—	29,2	30,2	30,6	20,6	28,8	26,3	24,1	23,0	24,8	24,6	25,2	—
35ХН3	—	31	32	31,4	31,7	30,2	27,1	24,1	—	23,5	—	—	—
20ХН4Ф (Э14)	—	32,4	32,4	31,7	30,4	28,8	26,8	24,8	23,7	23,3	—	—	—
20ХН4В (Э16)	—	22,5	22,5	—	—	28	—	—	24,5	—	—	—	—
20ХН4В (Э16)	—	24,3	25,2	—	—	28	—	24	23,5	24,3	—	—	—
40Х3М	—	32	32,4	31,6	29,8	28,4	26,6	25,2	—	—	—	—	—
20Х3ФВМ	—	27,7	28,8	29,1	28,8	27,7	26,3	24,8	—	—	—	—	—
12Х5СМА	—	26,0	26,0	27,0	28,0	27,0	25,0	24,0	23	23,5	—	—	—
Х6М	—	31,5	—	30,2	29,4	28,8	28,8	—	—	—	—	—	—
30Г2	—	40,0	38,5	37,6	34,6	32,0	29,6	27,0	25,6	23,0	23,4	24,6	—
50С2Г	—	24,5	26,0	26,7	26,7	26,7	26,0	24,1	21,6	22,0	22,7	23,8	—
30ХГС (ЭИ179)	—	32	35	33	32	31	30	29	28	—	—	—	—
1Х13	—	23,8	23,8	24,1	23,8	23,4	22,7	21,9	21,6	23,0	23,8	24,8	26,2
1Х13	—	23,1	22,7	22,4	22,4	22,6	23,0	23,4	—	—	—	—	—
2Х13	—	21,9	22,2	22,6	22,7	22,9	22,7	22,5	23,0	23,7	—	—	—
2Х13	—	19,0	20,3	21,2	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	—	—	—
3Х13	—	22,7	23,4	23,8	23,8	23,4	23,0	22,0	21,6	23,0	23,8	24,8	25,9
3Х13	—	21,6	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	21,2	—	—	—	—	—
4Х13	—	24,1	25,0	25,2	25,1	24,8	24,4	24,1	—	—	—	—	—
Х28	—	18	18,7	19,5	20,1	20,9	21,5	—	—	—	—	—	—
Х18Н9 (ЭЯ1)	—	14,0	15,4	16,2	17,3	18,5	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Марка \ t	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Х18Н9	—	14,0	15,1	16,2	17,6	18,7	20,1	21,2	22,3	—	—	—	—
2Х18Н9 (ЭЯ2)	—	16,1	17,1	18,1	19,1	20,1	21,1	22,2	23,2	24,2	—	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	—	13,8	15,1	16,5	17,9	19,2	20,5	21,9	23,7	—	—	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	—	13,9	—	16,4	18,1	19,0	20,4	—	21,7	23,2	—	—	—
1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	—	13,4	15,1	16,7	18,1	19,2	20,3	21,3	—	—	—	—	—
1Х18Н9Т	—	14,0	15,1	16,2	18,3	19,8	21,2	23,0	—	—	—	—	—
Х18Н9В	—	14,0	14,8	15,8	17,3	18,7	20,5	22,0	23,0	23,0	24,1	24,8	25,5
Х18Н11Б (ЭИ398, ЭИ402)	—	13,8	15,2	16,5	17,7	19,0	—	—	—	—	—	—	—
Х19Н11Б	—	12,9	14,4	15,8	17,3	18,7	20,2	21,6	23,0	—	—	—	—
4Х14Н14В2М (ЭИ69)	11,9	13,3	14,5	16,5	17,4	18,2	18,9	—	—	—	—	—	—
1Х14Н14В2М (ЭИ257)	—	13,4	14,7	16,1	17,3	18,6	19,7	20,9	22,3	23,2	—	—	—
1Х14Н14В2М (ЭИ257)	—	13,2	13,8	14,7	15,6	17,1	18,5	20,1	22,0	23,2	—	—	—
1Х14Н18М3Т	—	12,2	13,7	15,5	16,9	18,4	19,4	20,8	22,3	23,4	—	—	—
Х18Н25С2(ЭЯ3С)	—	15,0	16,5	—	—	23,0	24,8	26,5	26,5	—	—	—	—
Х25Н20С2(ЭИ283)	—	12,6	—	—	—	18,6	20,2	21,6	23,2	24,8	—	—	—
Х13Н25М2	—	10,1	11,5	12,9	14,8	16,6	18,7	20,5	23,0	—	—	—	—
Х2Н35 (ЭН26)	—	13,8	14,8	15,4	15,8	16,3	16,8	17,2	17,8	—	—	—	—
Н28	10,8	12,6	14,1	15,1	16,2	17,6	19,1	20,2	21,6	22,7	23,7	24,4	25,6
Г13	10,3	12,6	14,0	15,5	16,6	17,6	18,7	19,4	20,2	20,9	22,0	23,0	24,1
Г20Х12Ф	—	12,6	13,7	14,8	15,8	16,9	18,0	19,0	20,0	—	—	—	—
Г21Х15Т	—	12,6	13,7	14,8	15,8	16,9	18,0	19,0	20,0	21,0	—	—	—
Х13Н13К10	—	11,5	13,0	14,8	16,2	17,6	19,1	20,5	22,1	23,8	—	—	—
Х19Н10К47	—	12,6	14,0	15,5	16,9	18,4	19,8	20,9	22,3	—	—	—	—
Р18	20,9	22,3	23,4	24,1	24,5	24,1	23,4	23,0	22,3	23,0	23,8	24,5	25,2
ЭР	—	23,5	25,0	25,0	25	24,8	24,5	24,3	23,9	23,5	—	—	—
ЭР	—	22,5	23,3	23,6	23,9	24,3	24,0	23,2	—	—	—	—	—
ЭХ12	—	31,0	31,3	29,5	28,0	26,5	25,2	24,1	23,1	22,4	—	—	—
ЭИ107	14,4	15,8	17,1	18,7	19,3	20,3	21,2	21,9	—	—	—	—	—

Таблица 6-92. **Коэффициенты температуропроводности $a \cdot 10^3$ $м^2/час$ сталей**
(Теплофизические свойства веществ, под ред. Н. Б. Варгафтика, М.-Л., 1956.)

Марка \ t	50 ÷ 100	150 ÷ 200	200 ÷ 300	350 ÷ 400	450 ÷ 500
08 кп	59	50	44	37	34
08	55	48	42	36	33
20	49	44	38	33	31
40	48	44	39	34	31
40	46	42	37	33	31
У8	46	40	35	30	28
У12	43	38	34	29	28
30Х	44,0	39,6	36,0	31,0	25,9
30Х	41,0	37,4	34,9	31,0	26,2
30Н3	36,6	33,8	33,1	29,2	24,8
30ХН3	33,0	32,4	30,2	28,4	24,1
30ХН3	33,0	32,0	30,6	27,8	24,5
30ХН3	31,7	31,3	29,5	27,4	23,8
30Г2	44,3	41,0	37,1	32,4	27,4
50С2Г	25,9	26,6	26,3	24,5	21,9
Г13	12,6	13,0	13,7	14,8	15,5
Г18	25,9	25,9	25,2	23,8	21,6

Таблица 6-93. **Механические свойства сталей применяемых в котлотурбостроении**

Марка стали	$\sigma_в^{20}$, $кГ/мм^2$	δ_{10}, %		$\sigma_т^t$ в $кГ/мм^2$ при t °С							
		трубы	лист и пруток	20	200	250	300	350	400	450	500
15	35 ÷ 45		> 25	20	17,5	16,5	14,5	12,5	11	9	7
20	40 ÷ 50	17	23	22	19	17,5	15,5	13,5	12	10	8
25	43 ÷ 55	14	21	24	20,5	18,5	16,5	14,5	13	11	9
30	48 ÷ 60	—	20	26	22	20	17,5	15,5	13,5	11,5	9,5
35	52 ÷ 65	—	18	28	24	21,5	19	17	14,5	12,5	10,5
15М	38 ÷ 48	19	22	26	24	22,5	21	19	17	15	13
20М	45 ÷ 55	18	20	29	26	24,5	23	21	19	17	15
15ХМ	45 ÷ 55	18	20	30	26	24,5	23	21,5	20	19	18
30ХМА	80 ÷ 90		$\delta_5 = 14$	> 60	—	—	—	—	40	35	30
ЭИ10	90 ÷ 105		$\delta_5 = 12$	75	—	—	—	—	60	55	45
ЭИ257	48 ÷ 60	35	40	21	—	—	—	—	—	—	—
ЭИ454	48 ÷ 60	20	—	60	—	—	—	—	—	—	20
ЭЯ1Т	50 ÷ 60	35	40	20	—	—	—	—	—	—	15

продолжение на след. стр.

Коэффициенты температуропроводности $a \cdot 10^3$ $м^2/час$ сталей

550 ÷ 600	650 ÷ 700	750 ÷ 800	850 ÷ 900	950 ÷ 1000	1050 ÷ 1100
24	19	17	15	19	20
23	18	14	16	20	21
23	18	14	19	20	21
23	19	20	19	20	21
24	18	15	19	20	21
22	19	20	19	20	21
22	17	19	19	20	21
20,9	16,5	13,7	20,0	21,2	22,0
21,9	18,7	14,7	21,9	21,9	22,7
20,1	8,0	19,8	19,0	19,2	21,2
20,9	11,0	22,0	20,0	20,5	21,2
19,8	11,0	22,0	20,0	20,5	20,8
19,1	12,9	19,2	20,5	21,2	22,0
22,3	18,0	16,2	21,2	21,6	21,9
19,8	16,5	9,0	19,4	20,0	20,5
14,4	16,6	17,3	17,7	18,4	19,1
19,5	18,0	15,5	15,5	19,8	19,8

Механические свойства сталей применяемых в котлотурбостроении

		σ_k^t в $кГ/мм^2$ при t °C										
550	600	400	425	450	475	500	525	540	550	575	600	650
—	—	9,5	7,0	5,3	3,8	3,0	—	—	—	—	—	—
—	—	10,0	7,5	5,6	4,2	3,0	—	—	—	—	—	—
—	—	10,5	8,0	5,8	4,3	3,0	—	—	—	—	—	—
—	—	11,0	8,3	6,0	4,3	3,0	—	—	—	—	—	—
—	—	11,5	8,5	6,0	4,3	3,0	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	10,0	8,0	6,1	4,5	3,5	—	—	—	—
13	—	—	—	11,0	8,5	6,1	4,5	3,5	—	—	—	—
16	13,5	—	—	12,0	9,0	6,5	4,8	4,0	3,5	—	—	—
—	—	—	13	9,0	6,5	4,0	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	20,0	13,0	8,0	5,0	—	—	—	—	—
13	12,5	—	—	—	—	—	—	—	9	—	7	4
18	15	—	—	—	—	—	—	6,0	5	3,5	2,5	—
14	13	—	—	—	—	—	—	—	7	—	≈ 4,5	2,5

Таблица 6-94. **Пределы прочности серого чугуна и силала в *кГ/мм²***

Марка	12-28	15-32	18-36	21-40	24-44	28-48	35-52	35-56	38-60	Силал
При растяжении	12	15	18	21	24	28	35	35	38	21
» изгибе	28	32	36	40	44	48	52	56	60	40
» сжатии	50	65	70	75	85	100	110	120	130	—

§ 6-46. Толщина стенок труб, коллекторов, барабанов

Толщина стенок рассчитывается по формуле

$$\delta = \frac{p d_{вн}}{200 \sigma_{доп} \varphi} + 1 \text{ мм},$$

где $\varphi = \frac{S-d}{d}$ — коэффициент ослабления расчетного сечения отверстиями с диаметром d при шаге S; $\sigma_{доп}$ — допускаемое напряжение на разрыв в *кГ/мм²*, равное: $\sigma_{доп} = \eta \sigma^{*}_{доп}$.

Величина η имеет для различных элементов котельного агрегата следующие значения:

Элементы котельного агрегата	η
Барабаны и камеры бесшовные или сварные без отверстий или с отверстиями, усиленными с помощью приварных ниппелей:	
а) необогреваемые	1,00
б) обогреваемые	0,90
Барабаны и камеры бесшовные или сварные с неукрепленными отверстиями или с отверстиями с развальцованными в них трубами:	
а) необогреваемые	0,95
б) обогреваемые	0,85
Трубы поверхностей нагрева	1,00
Трубопроводы воды и насыщенного пара	1,00
Трубопроводы перегретого пара	0,90
Штампованные эллиптические днища:	
а) глухие	1,00
б) с неукрепленными отверстиями	0,95
Прямоугольные камеры	1,25
Плоские приварные донышки	0,80
Заглушки	1,00

Ниже в таблице 6-95 приводятся номинальные допустимые напряжения $\sigma^{*}_{доп}$ для различных марок стали и расчетных температур стенок.

Таблица 6-95. **Номинальные допустимые напряжения $\sigma^*_{доп}$ кГ/мм² для различных расчетных температур стенок**

Марка стали		МСт-2	10; 10к	МСт-3	15; 15к	МСт-1	20; 20к	22к	25; 25к	16М; 15М; 20М	12ХМ	15ХМ	12МФХ	12ХМФ	1Х18Н12Т 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)
$\sigma_в$		34	34	38	37	40	41	44	44	41	42	44	42	44	52
Расчетная температура стенки в °С	20 ÷ 260	9,1	9,1	10,1	9,9	10,7	11,0	11,8	11,8	10,7	11,2	11,8	11,2	11,8	—
	280	8,8	8,8	9,7	9,7	—	10,8	11,8	11,4	—	—	—	—	—	—
	300	8,5	8,5	9,4	9,4	—	10,3	11,8	10,9	—	—	—	—	—	—
	320	—	8,1	—	8,9	—	9,8	11,8	10,4	—	—	—	—	—	—
	340	—	7,8	—	8,5	—	9,3	—	10,0	—	—	—	—	—	—
	360	—	7,4	—	8,1	—	8,8	—	9,5	—	—	—	—	—	—
	380	—	7,1	—	7,6	—	8,3	—	9,0	—	—	—	—	—	—
	400	—	6,7	—	7,3	—	7,9	—	8,5	—	—	—	—	—	—
	410	—	6,5	—	7,1	—	7,7	—	8,3	10,7	—	11,8	—	—	—
	420	—	6,3	—	6,9	—	7,5	—	8,1	10,6	—	11,7	—	—	—
	430	—	5,9	—	6,5	—	7,3	—	7,5	10,4	11,2	11,6	—	—	—
	440	—	5,2	—	5,8	—	6,3	—	6,7	10,2	11,0	11,5	—	—	—
	450	—	4,5	—	5,2	—	5,6	—	5,9	10,0	10,9	11,4	—	—	—
	460	—	4,1	—	4,6	—	4,9	—	5,1	9,8	10,8	11,3	11,3	11,8	—
	470	—	3,6	—	4,1	—	4,3	—	4,5	9,6	10,7	11,1	11,1	11,6	—
	480	—	3,2	—	3,7	—	3,8	—	3,9	8,5	10,5	11,0	11,0	11,4	—
	490	—	2,8	—	3,3	—	3,3	—	3,4	7,6	9,6	10,1	10,5	11,1	—
	500	—	2,5	—	3,0	—	3,0	—	3,0	6,6	8,4	9,0	9,3	10,8	10,0
	510	—	—	—	—	—	—	—	—	5,7	7,2	7,8	8,3	9,4	9,7
	520	—	—	—	—	—	—	—	—	4,9	6,0	6,8	7,5	8,4	9,4
	530	—	—	—	—	—	—	—	—	4,2	5,0	6,0	6,8	7,5	9,1
	540	—	—	—	—	—	—	—	—	(3,6)	4,1	5,2	6,1	6,8	8,9
	550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(3,1)	4,4	5,5	6,1	8,5
	560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,7	5,0	5,5	8,3

Продолжение

Марка стали		МСт-2	10; 10к	МСт-3	15; 15к	МСт-1	20; 20к	22к	25; 25к	16М; 15М; 20М	12ХМ	15ХМ	12МФХ	12ХМФ	1Х18Н12Т 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)
$\sigma_в$		34	34	38	37	40	41	44	44	41	42	44	42	44	52
Расчетная температура стенки в °С	570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(3,1)	—	5,0	8,1
	580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,5	7,5
	590	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,9
	600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,4
	610	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,8
	620	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,3
	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,8
	640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,4
	650	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0

Примечания к табл. 6-95. I. Для деталей специальных установок с общим сроком службы при расчетных параметрах (p и t) менее 10 000 час. в случае, если расчетная температура не менее 440° С для углеродистой стали и не менее 480° С для молибденовых и хромомолибденовых сталей, величина $\sigma^*_{доп}$ может быть увеличена в 1,25 раза.

II. Для стального литья $\sigma^*_{доп}$ должно приниматься в 1,4 раза меньшим указанного в таблице.

III. Для сталей, фактические характеристики прочности которых согласно испытаниям образцов выше указанных в таблице, а также для сталей, не приведенных в таблице, но разрешенных к применению для изготовления котельных деталей, $\sigma^*_{доп}$ устанавливается на основе характеристик прочности стали, определенных испытаниями образцов, и расчетной температуры стенки с соблюдением следующих условий:

при $t_{ст} < 260$ °С $\quad \sigma^*_{доп} = \frac{\sigma_в}{3{,}75}$; при $t_{ст} = 260 \div 400$ °С $\quad \sigma^*_{доп} = \frac{\sigma_в}{3{,}75}$ или $\sigma^*_{доп} = \frac{\sigma^t_m}{1{,}65}$;

при $t_{ст} > 400$ °С $\quad \sigma^*_{доп} = \frac{\sigma^t_m}{1{,}65}$ или $\sigma^*_{доп} = \frac{\sigma^t_D}{1{,}65}$.

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Д. Смирнов

Некоторые обозначения

АРВ — автоматическое регулирование возбуждения
ВЛ — воздушная линия
ВН — высшее напряжение
Д — соединение треугольником
к. з. — короткое замыкание
КТП — комплектная трансформаторная подстанция
КРУ — комплектное распределительное устройство
НН — низшее напряжение
н — номинальный
н. з. — нормально закрытый
н. о. — нормально открытый
ПВ — продолжительность включения
РУ — распределительное устройство
СН — среднее напряжение
тр-р — трансформатор
ТП — трансформаторное помещение
У — соединение звездой
х. х. — холостой ход
эл. — электрический (-ая)
n — скорость вращения
P — мощность
s — скольжение
U — напряжение
$\sim$ — переменный ток
$\overline{}$ — постоянный ток

Обозначения фаз в трехфазной системе

Порядковый номер фазы в трехфазной системе	Буквенное обозначение фазы	Условный цвет фазы	Обозначение выводов трансформаторов, реакторов		Обозначение выводов статора трехфазных машин переменного тока		Обозначение выводов ротора асинхронных машин
			начало обмотки	конец обмотки	начало обмотки	конец обмотки	начало обмотки
1	А (Ж)	Желтый	А, A_m, a	X, X_m, x	C_1	C_4	P_1
2	В (З)	Зеленый	В, B_m, b	Y, Y_m, y	C_2	C_5	P_2
3	С (К)	Красный	С, C_m, c	Z, Z_m, z	C_3	C_6	P_3

Примечание. Концы обмоток трехфазных трансформаторов и машин, соединяемых по схеме «звезда», собираются в общую нулевую точку. Вывод от нулевой (нейтральной) точки обозначается знаком 0.

Глава 7-1

ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

§ 7-1. Номинальные напряжения, наименьшие сечения и основы расчета сечений проводов и кабелей

Таблица 7-1. **Номинальные напряжения приемников электроэнергии, генераторов и трансформаторов (ГОСТ 721-41) [1])**

Номинальные эксплуатационные напряжения, *в*				Номинальные напряжения на зажимах, *в*			
				генераторов		трансформаторов	
						трехфазного тока 50 *гц*, междуфазное	
постоянного тока	трехфазного тока 50 *гц*		однофазного тока 50 *гц*	постоянного тока	трехфазного тока 50 *гц*, междуфазное	у первичных обмоток [2])	у вторичных обмоток [3])
	междуфазное	фазное					
До 100 *в*							
6	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	12	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	—
—	36	—	36	—	—	—	—
48	—	—	—	—	—	—	—
От 100 до 1000 *в*							
110	—	—	—	115	—	—	—
—	127	—	—	—	133	127	133
220	220	127	—	230	230	220	230
—	380	220	—	—	400	380	400
440	—	—	—	460	—	—	—
—	500	—	—	—	525	500	525

Продолжение

Номинальные эксплуатационные напряжения, *кв*				Номинальные напряжения на зажимах, *кв*			
				генераторов		трансформаторов	
	трехфазного тока 50 *гц*					трехфазного тока 50 *гц*, междуфазное	
постоянного тока	междуфазное	фазное	однофазного тока 50 *гц*	постоянного тока	трехфазного тока 50 *гц*, междуфазное	у первичных обмоток [2]	у вторичных обмоток [3]
Свыше 1000 *в*, *кв*							
—	3	—	—	—	3,15	3 и 3,15	3,15 и 3,3
—	6	—	—	—	6,3	6 и 6,3	6,3 и 6,6
—	10	—	—	—	10,5	10 и 10,5	10,5
—	20	—	—	—	—	20	22
—	35	—	—	—	—	35	38,5
—	110	—	—	—	—	100	121
—	(154) [4]	—	—	—	—	(154) [4]	(169) [4]
—	220	—	—	—	—	220	242
—	330	—	—	—	—	330	347
—	500	—	—	—	—	500	525

Примечания к табл. 7-1. [1] Для существующих установок с номинальным напряжением 2,1; 6,3; 20 и 31,5 *кв* допускается изготовление трансформаторов и приемников электроэнергии на данные напряжения. [2] Напряжения 3,15; 6,3 и 10,5 *кв* первичных обмоток трансформаторов относятся к повысительным и понизительным трансформаторам, присоединенным непосредственно к сборным полосам или к выводам генераторов. [3] Напряжения 3,3 и 6,6 *кв* вторичных обмоток трансформаторов относятся к понизительным трансформаторам с повышенным напряжением к. з. (7,5% и более). [4] Применение номинальных напряжений 154 и 169 *кв* не рекомендуется.

Таблица 7-2. Наименьшие допустимые сечения проводов по условию механической прочности

(Правила устройства электроустановок, гл. II-1)

Характеристика провода и условий прокладки	Наименьшее сечение жилы, $мм^2$	
	медной	алюминиевой
1. Изолированные провода внутри и снаружи осветительных арматур:		
внутри здания	0,5	—
вне здания	1	—
2. Шнуры и провода в легком защитном резиновом, полихлорвиниловом шланге для подвесных и настольных ламп и для переносных бытовых токоприемников	0,75	—
3. То же в среднем защитном шланге для присоединения подвижных токоприемников в промышленных установках	1	—
4. То же, но в тяжелом шланге	2,5	—
5. Скрученные двухжильные провода для прокладки на изолирующих опорах, расположенных друг от друга на расстоянии до 1 *м*	1	—
6. Изолированные провода для прокладки на изолированных опорах, расположенных друг от друга на расстоянии:		
до 1 *м*	1	2,5
до 2 *м*	1,5	2,5
до 6 *м*	2,5	4
до 12 *м*	4	6
свыше 12 *м*	6	16
7. Изолированные провода для прокладки в трубах	1	2,5
8. Голые провода в зданиях	2,5	4
9. Голые защищенные от коррозии провода в зданиях	1,5	2,5
10. Изолированные и защищенные от коррозии голые провода в наружных проводках:		
по стенам	2,5	4
во всех других случаях	4	10
11. Голые провода в наружных проводках	4	10
12. Голые провода воздушных линий	6	16

Таблица 7-3. **Потеря напряжения в трехфазной линии 380 *в* с учетом индуктивности проводов в процентах на 1 *квт · км* [1])**

Характеристика линии	Материал проводов	Коэффициент мощности cos φ	Потеря напряжения в процентах при сечении проводов, *мм*²									
			6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Кабели, провода в трубах и шнуры	Медь	0,75	2,18	1,33	0,873	0,554	0,413	0,308	0,231	0,176	0,146	0,122
		0,8	2,17	1,32	0,867	0,547	0,407	0,302	0,226	0,170	0,141	0,116
		0,85	2,16	1,31	0,861	0,541	0,401	0,297	0,220	0,164	0,135	0,111
		0,9	2,15	1,30	0,855	0,535	0,396	0,291	0,215	0,159	0,130	0,105
		0,95	2,14	1,30	0,847	0,528	0,389	0,284	0,208	0,152	0,123	0,099
	Алюминий	0,75	3,72	2,25	1,40	0,921	0,670	0,475	0,349	0,265	0,224	0,182
		0,8	3,71	2,24	1,39	0,914	0,664	0,469	0,344	0,260	0,218	0,177
		0,85	3,70	2,23	1,39	0,908	0,658	0,464	0,338	0,254	0,213	0,171
		0,9	3,69	2,22	1,38	0,902	0,653	0,458	0,333	0,249	0,207	0,166
		0,95	3,68	2,22	1,38	0,900	0,646	0,451	0,326	0,242	0,201	0,159
Провода на роликах и изоляторах внутри помещений	Медь	0,75	—	1,43	0,983	0,654	0,523	0,414	0,330	0,274	0,244	—
		0,8	—	1,41	0,957	0,63	0,498	0,393	0,310	0,253	0,224	—
		0,85	—	1,39	0,935	0,613	0,478	0,372	0,290	0,234	0,204	—
		0,9	—	1,36	0,915	0,591	0,456	0,349	0,268	0,213	0,183	—
		0,95	—	1,33	0,888	0,568	0,429	0,325	0,240	0,189	0,159	—

Продолжение

Характеристика линии	Материал проводов	Коэффициент мощности cos φ	Потеря напряжения в процентах при сечении проводов, *мм*²									
			6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Провода на роликах и изоляторах внутри помещений	Алюминий	0,75	—	2,36	1,51	1,02	0,778	0,580	0,447	0,364	0,322	—
		0,8	—	2,33	1,48	1,00	0,755	0,558	0,427	0,343	0,301	—
		0,85	—	2,31	1,46	0,980	0,735	0,538	0,408	0,324	0,282	—
		0,9	—	2,28	1,44	0,960	0,712	0,516	0,386	0,303	0,261	—
		0,95	—	2,25	1,41	0,935	0,686	0,490	0,363	0,279	0,237	—
Воздушные линии	Медь	0,75	2,36	1,51	1,05	0,723	0,578	0,467	0,384	0,324	0,290	—
		0,8	2,32	1,48	1,02	0,692	0,547	0,438	0,356	0,296	0,263	—
		0,85	2,29	1,45	0,985	0,660	0,517	0,409	0,328	0,269	0,236	—
		0,9	2,25	1,40	0,951	0,628	0,486	0,378	0,298	0,240	0,208	—
		0,95	2,20	1,36	0,913	0,590	0,450	0,344	0,265	0,208	0,177	—
	Алюминий	0,75	—	—	1,58	1,09	0,834	0,634	0,502	0,414	0,367	0,321
		0,8	—	—	1,54	1,06	0,804	0,604	0,474	0,386	0,340	0,295
		0,85	—	—	1,51	1,03	0,774	0,575	0,446	0,359	0,314	0,269
		0,9	—	—	1,48	0,995	0,742	0,545	0,416	0,330	0,286	0,242
		0,95	—	—	1,44	0,958	0,706	0,510	0,383	0,298	0,254	0,211

Примечание к табл. 7-3. [1]) Для определения потерь напряжения в трехфазной линии напряжением 220 *в* при помощи табл. 7-3 нужно данные этой таблицы умножать на 3.

Таблица 7-4. **Потеря напряжения в линии без учета индуктивности проводов в процентах на 1 *квт · км* при напряжении линии 110—500 *в* и в процентах на 1 *квт · м* при напряжении линии 12 и 36 *в***

Характер линий	Номинальное напряжение, *в*	Материал проводов	Потеря напряжения в процентах при сечении проводов, *мм*²									
			1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Трехфазная линия переменного тока	500	Медь	7,52	5,0	3,01	1,82	1,22	0,736	0,480	0,296	0,216	0,156
	380		13,0	8,66	5,22	3,15	2,12	1,28	0,832	0,513	0,374	0,270
	220		39,0	26,0	15,7	9,45	6,36	3,84	2,5	1,54	1,12	0,81
	500	Алюминий	—	—	5,08	3,17	2,11	1,27	0,784	0,508	0,364	0,252
	380		—	—	8,83	5,50	3,66	2,20	1,36	0,88	0,631	0,437
	220		—	—	26,5	16,5	11,0	6,6	4,08	2,64	1,89	1,31
Двухпроводная линия переменного или постоянного тока	220	Медь	78,0	52,0	31,4	18,9	12,7	7,68	5,00	3,08	2,24	1,62
	127		234,0	156,0	94,2	56,7	38,1	23,0	15,0	9,24	6,72	4,86
	110		311,0	208,0	125,0	75,3	50,7	30,6	20,0	12,3	8,93	6,47
	36		2,90	1,93	1,16	0,718	0,473	0,284	0,185	0,114	0,083	0,060
	12		26,2	17,4	10,45	6,47	4,25	2,56	1,67	1,05	0,750	0,542
	220	Алюминий	—	—	53,0	33,0	22,0	13,2	8,16	5,28	3,78	2,62
	127		—	—	159,0	99,0	66,0	39,6	24,5	15,8	11,3	7,86
	110		—	—	212,0	132,0	87,7	52,7	32,6	21,0	15,0	10,5
	36		—	—	1,96	1,23	0,818	0,490	0,303	0,196	0,141	0,097
	12		—	—	17,6	11,0	7,34	4,40	2,72	1,76	1,27	0,875

§ 7-2. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на провода и кабели *)

Таблица 7-5. **Длительно-допустимые расчетные нагрузки на голые медные, алюминиевые и сталеалюминиевые провода** [1] (по ГОСТ 839-59)

Медные (М)			Алюминиевые (А)			Сталеалюминиевые (АС)		
Марка провода	Токовая нагрузка, a		Марка провода	Токовая нагрузка, a		Марка провода	Токовая нагрузка, a	
	вне помещений	внутри помещений		вне помещений	внутри помещений		вне помещений	внутри помещений
М-4	50	25				АС-16	105	75
М-6	70	35	А-16	105	75	АС-25	130	100
М-10	95	60	А-25	135	105	АС-35	175	135
М-16	130	100	А-35	170	130	АС-50	210	165
М-25	180	135	А-50	215	165	АС-70	265	210
М-35	220	175	А-70	265	210	АС-95	330	260
М-50	270	215	А-95	320	255	АС-120	380	305
			А-120	375	300	АС-150	445	365
М-70	340	270	А-150	440	355	АС-185	510	425
М-95	415	335	А-185	500	410	АС-240	610	505
М-120	485	395	А-240	590	490	АС-300	690	585
М-150	570	465	А-300	680	570	АС-400	835	715
М-185	640	530	А-400	815	690	АСО-150	450	365
М-240	760	685	А-500	980	820	АСО-185	515	420
М-300	880	740	А-600	1 070	930	АСО-240	605	505
М-400	1 050	895				АСО-300	690	580
МП-240	950	—				АСО-400	825	710
МП-300	1 050	—				АСО-500	945	815
			Сталеалюминиевые усиленной конструкции (АСУ)					
			АСУ-120	375	—			
			АСУ-150	450	—			
			АСУ-185	515	—			
			АСУ-240	610	—			
			АСУ-300	705	—			
			АСУ-400	850	—			

Примечание к табл. 7-5 [1]. Допустимый нагрев + 70° С, температура воздуха + 25° С. В обозначении проводов: МП — медные полые, АСО — сталеалюмичиевые облегченные.

*) Этот параграф составлен на основании данных «Правил устройства электроустановок», раздел 1.

Таблица 7-6а—г. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на изолированные провода, шнуры и кабели

а) Провода и шнуры с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными и алюминиевыми жилами.

Таблица 7-6а.

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1]					
	Провода, проложенные открыто	Провода, проложенные в одной трубе [2]				
		два одножильных	три одножильных	четыре одножильных	один двухжильный	один трехжильный
0,5	11/—	—	—	—	—	—
0,75	15/—	—	—	—	—	—
1	17/—	16/—	15/—	14/—	15/—	14/-
1,5	23/—	19/—	17/—	16/—	18/—	15/-
2,5	30/24	27/20	25/19	25/19	25/—	21/-
4	41/32	38/28	35/28	30/23	32/—	27/—
6	50/38	46/36	42/32	40/30	40/—	34/-
10	80/55	70/50	60/47	50/39	55/—	50/—
16	100/80	85/60	80/60	75/55	80/—	70/—
25	140/105	115/85	100/80	90/70	100/—	85/—
35	170/130	135/100	125/95	115/85	125/—	100/—
50	215/165	185/140	170/130	150/120	160/—	135/—
70	270/210	225/175	210/165	185/140	195/—	175/—
95	330/255	275/215	255/200	225/175	245/—	215/—
120	385/295	315/245	290/220	260/200	295/—	250/—
150	440/340	360/275	330/255	—	—	—
185	510/390	—	—	—	—	—
240	605/465	—	—	—	—	—
300	695/535	—	—	—	—	—
400	830/645	—	—	—	—	—

Примечания к табл. 7-6а. [1]) Перед косой чертой указаны нагрузки для медных жил, за чертой — для алюминиевых. [2]) При определении числа проводов, проложенных в одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока в расчет не принимается.

б) Провода с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабели с медными и алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, полихлорвиниловой и негорючей резиновой оболочках, бронированные и небронированные при прокладке в воздухе и в земле.

Таблица 7-66

Сечение токопроводящей жилы, мм²	Токовые нагрузки на провода и кабели, α [1]				
	одножильные	двухжильные		трехжильные	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23/—	19/—	33/—	19/—	27/—
2,5	30/23	27/21	44/34	25/19	38/29
4	41/31	38/29	55/42	35/27	49/38
6	50/38	50/38	70/55	42/32	60/46
10	80/60	70/55	105/80	55/42	90/70
16	100/75	90/70	135/105	75/60	115/90
25	140/105	115/90	175/136	95/75	150/115
35	170/130	140/105	210/160	120/90	180/140
50	215/165	175/135	265/205	145/110	225/175
70	270/210	215/165	320/245	180/140	275/210
95	325/250	260/200	385/295	220/170	330/255
120	385/295	300/230	445/340	260/200	385/295
150	440/340	350/270	505/390	305/235	435/335
185	510/395	405/310	570/440	350/270	500/385
240	605/465	—	—	—	—

Примечание к табл. 7-66. [1]) Перед косой чертой нагрузки для медных жил, за чертой — для алюминиевых жил.

в) Шнуры переносные шланговые легкие и средние, кабели переносные шланговые тяжелые, кабели шахтные гибкие шланговые, прожекторные и провода переносные [1]).

Таблица 7-6в

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
Одножильные	—	—	—	—	40	50	65	90	120	160	190	235	290
Двухжильные	12	16	18	23	33	43	55	75	95	125	150	185	235
Трехжильные	—	14	16	20	28	36	45	60	80	105	130	160	200

Примечание к табл. 7-6в. [1]) Токовые нагрузки относятся к шнурам, проводам и кабелям как с заземляющей жилой, так и без нее.

г) Кабели шланговые с резиновой изоляцией для передвижных электроприемников.

Таблица 7-6г

Сечение токопроводящих жил, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1])		Сечение токопроводящих жил, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1])	
	3 *кв*	6 *кв*		3 *кв*	6 *кв*
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

Примечание к табл. 7-6г. [1]) Токовые нагрузки относятся к кабелям с заземляющей жилой, так и без нее.

Таблицы 7-7а—ж. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на кабели с бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочках

а) Кабели с медными жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле, в воздухе и в воде.

Таблица 7-7а

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1]					
	Одножильные кабели до 1 *кв*	Двухжильные кабели до 1 *кв*	Трехжильные кабели			Четырехжильные кабели до 1 *кв*
			3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	
	Максимальная допустимая температура жил, °С					
	80	80	80	65	60	80
2,5	50/40/—	45/30/—	40/28/—	—	—	—
4	80/55/—	60/40/—	55/37/—	—	—	50/35/—
6	105/75/—	80/55/—	70/45/—	—	—	60/45/—
10	140/95/—	105/75/—	95/60/—	80/55/—	—	85/60/—
16	175/120/—	140/95/—	120/80/—	105/65/135	95/60/120	115/80/—
25	235/160/—	185/130/—	160/105/210	135/90/170	120/85/150	150/100/195
35	285/200/—	225/150/—	190/125/250	160/110/205	150/105/180	175/120/230
50	360/245/—	270/185/—	235/155/305	200/145/255	180/135/220	215/145/285
70	440/305/—	325/225/—	285/200/375	245/175/310	215/165/275	265/185/350
95	520/360/—	380/275/—	340/245/440	295/215/375	265/200/340	310/215/410

Продолжение

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1])					
	Одножильные кабели до 1 *кв*	Двухжильные кабели до 1 *кв*	Трехжильные кабели			Четырехжильные кабели до 1 *кв*
			3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	
	Максимальная допустимая температура жил, °С					
	80	80	80	65	60	80
120	595/415/—	435/320/—	390/285/505	340/250/430	310/240/395	350/260/470
150	675/470/—	500/375/—	435/330/565	390/290/500	355/270/450	395/300/—
185	755/525/—	—	490/375/615	440/325/545	400/305/510	450/340/—
240	880/610/—	—	570/430/715	510/375/625	460/350/585	—
300	1000/720/—	—	—	—	—	—
400	1220/880/—	—	—	—	—	—
500	1400/1020/—	—	—	—	—	—
625	1520/1180/—	—	—	—	—	—
800	1700/1400/—	—	—	—	—	—

Примечание к табл. 7-7а. [1]) Токовые нагрузки на одножильные кабели даны для работы при постоянном токе. Перед первой чертой нагрузки кабелей, прокладываемых в земле, за первой чертой — в воздухе, за второй чертой — в воде. Кабели, прокладываемые в воде — в свинцовой оболочке.

б) Кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле, в воздухе и в воде.

Таблица 7-7б

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1]					
	Одножильные кабели до 1 *кв*	Двухжильные кабели до 1 *кв*	Трехжильные кабели			Четырехжильные кабели до 1 *кв*
			3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	
	Максимальная допустимая температура жил, °С					
	80	80	80	65	60	80
2,5	45/29/—	35/23/—	31/22/—	—	—	—
4	60/42/—	46/31/—	42/29/—	—	—	38/27/—
6	80/55/—	60/42/—	55/35/—	—	—	46/35/—
10	110/75/—	80/55/—	75/46/—	60/43/—	—	65/45/—
16	135/90/—	110/75/—	90/60/—	80/50/105	75/46/90	90/60/—
25	180/125/—	140/100/—	125/80/160	105/70/130	90/65/115	115/75/150
35	220/155/—	175/115/—	145/95/190	125/85/160	115/80/140	135/95/175
50	275/190/—	210/140/—	180/120/235	155/110/195	140/105/170	165/110/220
70	340/235/—	250/175/—	220/135/290	190/135/240	165/130/210	200/140/270
95	400/275/—	290/210/—	260/190/340	225/165/290	205/155/260	240/165/315
120	460/320/—	335/245/—	300/220/390	260/190/330	240/185/305	270/200/360
150	520/360/—	385/290/—	335/255/435	300/225/385	275/210/345	305/230/—
185	580/405/—	—	380/290/475	340/250/420	310/235/390	345/260/—
240	675/470/—	—	440/330/550	390/290/480	355/270/450	—
300	770/555/—	—	—	—	—	—
400	940/675/—	—	—	—	—	—
600	1080/785/—	—	—	—	—	—
625	1170/910/—	—	—	—	—	—
800	1310/1080/—	—	—	—	—	—

Примечание к табл. 7-7б. [1]) Токовые нагрузки на одножильные кабели даны для работы при постоянном токе. Перед первой чертой нагрузки кабелей, прокладываемых в земле, за первой чертой — в воздухе, за второй чертой — в воде. Кабели, прокладываемые в воде — в свинцовой оболочке.

в) **Трехжильные кабели с отдельно освинцованными медными или алюминиевыми жилами с обедненно-пропитанной изоляцией, прокладываемые в земле, в воздухе и в воде.**

Таблица 7-7в

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1]					
	6 *кв*			10 *кв*		
	в земле	в воздухе	в воде	в земле	в воздухе	в воде
16	90/70	80/60	115/90	—	—	—
25	125/95	105/80	155/125	110/85	100/75	140/110
35	155/120	125/95	195/150	130/100	120/90	170/130
50	185/140	150/115	230/175	160/125	145/110	210/160
70	225/175	190/145	280/215	200/155	180/140	255/195
95	270/210	230/175	340/260	250/190	220/170	305/230
120	310/240	265/205	385/295	290/225	255/195	360/275
150	355/275	310/240	450/345	335/260	295/225	405/310

Примечание к табл. 7-7в. [1] Максимальная допустимая температура жил при 6 *кв* 65° С, при 10 *кв* 60° С. До черты указаны нагрузки кабелей с медными жилами, после черты — с алюминиевыми жилами.

г) Трехжильные кабели 6 *кв* с медными или алюминиевыми жилами с обедненно-пропитанной изоляцией в общей свинцовой оболочке, прокладываемые в земле, в воздухе и в воде.

Таблица 7-7г

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1])		
	в земле	в воздухе	в воде
16	90/70	65/50	100/75
25	120/90	90/70	140/110
35	145/110	110/85	175/135
50	180/140	140/110	220/170
70	220/170	170/130	275/210
95	265/205	210/160	335/260
120	310/240	245/190	385/295
150	355/275	290/225	450/345

Примечание к табл. 7-7г. [1]) Максимальная допустимая температура жил 65° С. До черты указаны нагрузки кабелей с медными жилами, после черты — с алюминиевыми.

д) Трехжильные кабели с отдельно освинцованными медными или алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, прокладываемые в земле, в воде и в воздухе.

Таблица 7-7д

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1])					
	20 *кв*			35 *кв*		
	в земле	в воде	в воздухе	в земле	в воде	в воздухе
25	110/85	120/90	85/65	—	—	—
35	135/105	145/110	100/75	—	—	—
50	165/125	180/140	120/90	—	—	—
70	200/155	225/175	150/115	195/150	210/160	145/110
95	240/185	275/210	180/140	235/180	255/195	180/140
120	275/210	315/245	205/160	270/210	290/225	205/160
150	315/240	350/270	230/175	310/240	—	230/175
185	355/275	390/300	265/205	—	—	—

Примечание к табл. 7-7д. [1]) Максимальная допустимая температура жил 50° С. Перед чертой указаны нагрузки кабелей с медными жилами, после черты — с алюминиевыми.

е) Одножильные кабели с медной и алюминиевой жилами с бумажной пропитанной изоляцией небронированные, прокладываемые в воздухе.

Таблица 7-7е

Сечение токопроводящей жилы, *мм*²	Токовые нагрузки, *а* [1]				
	3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	20 *кв*	35 *кв*
	Максимальная допустимая температура жил, °С				
	80	65	60	50	50
2,5	35/27	—	—	—	—
4	50/38	—	—	—	—
6	60/46	—	—	—	—
10	85/65	75/60	—	—	—
16	120/90	110/85	90/70	—	—
25	145/110	135/105	125/95	105/80	—
35	170/130	155/120	145/110	125/95	—
50	215/165	200/155	190/145	155/120	—
70	260/200	240/185	225/175	185/140	180/140
95	305/235	280/215	265/205	220/170	215/165
120	330/255	300/230	285/220	245/190	240/185
150	360/275	325/250	310/240	270/210	265/205
185	385/295	350/270	335/260	290/225	285/220
240	435/335	395/305	380/290	320/245	315/245
300	460/355	420/325	405/310	350/270	340/260
400	485/375	440/340	425/325	370/285	—
500	505/390	460/355	445/340	—	—
625	525/405	—	—	—	—
800	550/425	—	—	—	—

Примечание к табл. 7-7е. [1]) Токовые нагрузки относятся к работе на переменном токе. При этом свинцовые оболочки соединены между собой и заземлены на обоих концах; число рядом лежащих кабелей равно трем; расстояние между кабелями в свету не более 125 *мм* и не менее 35 *мм*. Перед чертой указаны нагрузки кабелей с медной жилой, после черты — с алюминиевой жилой.

ж) Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле.

Таблица 7-7ж

Расстояние между кабелями, *мм*	Число кабелей [1])					
	1	2	3	4	5	6
100	1,0	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,0	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,0	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Примечание к табл. 7-7ж. [1]) При определении длительно допустимых нагрузок в числе рядом лежащих в земле кабелей не учитываются резервные кабели. Под резервными понимаются нормально работающие недогруженные кабели, при отключении которых возможна передача по оставшимся в работе кабелям всей мощности без перегрузки последних.

Таблица 7-8. **Предельная экономическая плотность тока в $а/мм^2$**

Наименование проводников	Продолжительность использования максимума нагрузки, час		
	от 1000 до 3000	от 3000 до 5000	от 5000 до 8700
Голые провода и шины:			
а) медные	2,5	2,1	1,8
б) алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой изоляцией с жилами:			
а) медными	3,0	2,5	2,0
б) алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой изоляцией и медными жилами	3,5	3,1	2,7

§ 7-3. Выбор максимальной токовой защиты в сетях до 500 *в*

Плавкий предохранитель. Номинальный ток плавкой вставки предохранителя $I_{н.\,вст}$ выбирается как бо́льшая величина из двух условий: по длительному току линии $I_{дл}$

$$I_{н.\,вст} \geq I_{дл}$$

и по максимальному кратковременному току линии $I_{макс.\,кр}$

$$I_{н.\,вст} \geq \frac{I_{макс.\,кр}}{2{,}5}.$$

Тепловой расцепитель автомата или нагревательный элемент теплового реле. Номинальный ток теплового расцепителя автомата или нагревательного элемента теплового реле $I_{н.\,тепл}$ выбирается только по длительному току линии

$$I_{н.\,тепл} \geq I_{дл}.$$

Электромагнитный расцепитель автоматического выключателя. Номинальный ток электромагнитного расцепителя автоматического выключателя $I_{н.\,эл.\,м}$ выбирается по длительному току линии

$$I_{н.\,эл.\,м} \geq I_{дл},$$

с последующей проверкой тока срабатывания расцепителя $I_{ср.\,эл.\,м}$ по максимальному кратковременному току

$$I_{ср.\,эл.\,м} \geq 1{,}25\, I_{макс.\,кр}.$$

§ 7-4. Выбор сечения проводов и кабелей по условию нагрева

Сети, требующие защиты от токов перегрузки. Сечение проводов и кабелей выбирается по табличному значению допустимого тока $I_{н.\,доп}$, определяемому из выражения

$$I_{н.\,доп} \geq 1{,}25\,\frac{I_{н.\,защ}}{k_{попр}},$$

где $I_{н.\,защ}$ — номинальный ток защитного аппарата, $k_{попр}$ — поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий охлаждения проводки.

Сети, не требующие защиты от токов перегрузки. Сечение проводов и кабелей выбирается по длительному току линии

$$I_{н.\,доп} = \frac{I_{дл}}{k_{попр}}$$

с последующей проверкой по отношению к защитным аппаратам

$$I_{н.\,доп} \geq \frac{1}{3}\,\frac{I_{н.\,вст}}{k_{попр}}, \quad I_{н.\,доп} \geq \frac{2}{3}\,\frac{I_{н.\,тепл}}{k_{попр}},$$

$$I_{н.\,доп} \geq \frac{2}{3}\,\frac{I_{ср.\,тепл}}{k_{попр}}, \quad I_{н.\,доп} \geq \frac{2}{9}\,\frac{I_{ср.\,эл.\,м}}{k_{попр}},$$

где $I_{н.\,вст}$ — номинальный ток плавкой вставки, $I_{н.\,тепл}$ — номинальный ток теплового расцепителя с нерегулируемой характеристикой, $I_{ср.\,тепл}$ — ток срабатывания теплового расцепителя с регулируемой характеристикой, $I_{ср.\,эл.\,м}$ — ток срабатывания электромагнитного расцепителя.

Проверка токовой защиты на отключение тока короткого замыкания. При защите предохранителями:

$$I_{н.\,вст} \leq \frac{1}{3}\,I_{к.\,з}.$$

При защите автоматическими выключателями ток срабатывания

$$I_{ср.\,авт} \leq \frac{2}{3}\,I_{к.\,з}.$$

Здесь $I_{к.\,з}$ — ток при коротком замыкании в конце линии, определяемый для сети с глухозаземленной нейтралью по формуле

$$I_{к.\,з} = \frac{U_ф}{Z_п + Z_т},$$

где $U_ф$ — фазное напряжение, *в*; $Z_п = \sqrt{r_п^2 + x_п^2}$ — полное сопротивление петли прямого и обратного проводов линии, *ом* (табл. 7-9); $Z_т$ — расчетное значение сопротивления трансформатора, *ом* (табл. 7-10).

Таблица 7-9. **Значение сопротивления петли прямого и обратного проводов z_1**

Сечение провода, *мм*²		z_1, *ом/км*					
прямого	обратного	Кабель и провода в трубах		Провода на роликах и изоляторах		Воздушная линия	
		медные	алюминиевые	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
1	1	37,6	—	37,6	—	—	—
1,5	1	31,3	—	31,3	—	—	—
1,5	1,5	25,0	—	25,0	—	—	—
2,5	1,5	20,0	—	20,0	—	—	—
2,5	2,5	15,0	25,4	15,0	25,4	—	—
4	2,5	12,4	20,6	12,4	20,6	—	—
4	4	9,5	16,0	9,5	16,0	—	—
6	4	7,9	13,2	7,9	13,2	—	—
6	6	6,32	10,6	6,32	10,6	—	—
10	6	5,06	8,45	5,07	8,53	—	—
10	10	3,8	6,4	3,84	6,5	3,7	—
16	10	3,09	5,2	3,13	5,25	3,05	—
16	16	2,38	4,0	2,43	4,03	2,41	3,89
25	16	1,95	3,29	2,02	3,32	2,03	3,23
25	25	1,53	2,58	1,60	2,62	1,66	1,58
35	16	1,73	2,91	1,8	2,95	1,82	2,88
35	35	1,08	1,82	1,18	1,88	1,26	1,9
50	25	1,14	1,93	1,23	1,98	1,34	2,05
50	50	0,76	1,28	0,893	1,36	0,984	1,54
70	35	0,825	1,37	0,935	1,45	1,03	1,48
70	70	0,565	0,92	0,7	1,02	0,82	1,09
95	50	0,592	0,98	0,74	1,08	0,936	1,19
95	95	0,417	0,684	0,60	0,79	0,72	0,847

Таблица 7-10. **Расчетные значения сопротивлений трансформаторов со схемой соединения У/У-12 (приведенное к напряжению 400 *в*)**

Мощность трансформатора, *ква*	20	30	50	100	180	320	560
Расчетное сопротивление, *ом* . . .	0,97	0,72	0,51	0,17	0,12	0,08	0,05

§ 7-5. Предохранители

Таблица 7-11. Предохранители серии ПР-2 [1]

Предохранители серии ПР-2 предназначены для защиты электрооборудования и сетей НН постоянного и переменного тока от недопустимых длительных перегрузок и токов к. з., для вертикальной установки. Изготовляются с закрытыми разборными патронами без наполнителя. В таблице приведены эффективные значения периодической составляющей тока (предусматривают включение предохранителя в каждый полюс цепи).

$I_н$ предохранителей, *а*	Предельная разрывная способность [2], *а* (cosφ=0,3—0,4)	$I_н$ плавких вставок, *а*	Вес, *кг*: патрона	Вес, *кг*: одной стойки [2]	Размеры, *мм*: ширина	Размеры, *мм*: высота [2]	Размеры, *мм*: глубина
Первый габарит ($U_н$ до 220 *в*) [1]							
15	1 200/ 800	6 ÷ 15	0,035	0,042/0,035	22	91/91	25
60	5 500/ 1 800	15 ÷ 60	0,091	0,057/0,043	24,5	121/121	33
100	11 000/ 6 000	60 ÷ 100	0,405	0,11/0,09	43	145/197	56
200	11 000/ 6 000	100 ÷ 200	0,68	0,18/0,158	56	165/231	76,5
350	11 000/ 6 000	200 ÷ 350	1,29	0,39/0,35	72	200/271	100
600	15 000/13 000	350 ÷ 600	2,083	1,19/1,09	84	257/367	122
1000	15 000/15 000	600 ÷ 1000	5,25	2,22/2,04	108	350/490	154
Второй габарит ($U_н$ до 500 *в*)							
15	8 000/ 7 000	6 ÷ 15	0,11	0,05/0,04	24,5	171/171	33
60	4 500/ 3 500	15 ÷ 60	0,2	0,065/0,051	30,5	173/173	43
100	11 000/10 000	60 ÷ 100	0,44	0,11/0,09	43	195/247	56
200	11 000/10 000	100 ÷ 200	0,76	0,18/0,158	56	230/296	76,5
350	13 000/11 000	200 ÷ 350	1,4	0,39/0,35	72	275/346	100
600	23 000/20 000	350 ÷ 600	2,23	1,19/1,09	84	332/442	122
1000	20 000/20 000	600 ÷ 1000	5,4	2,22/2,04	108	440/580	154

Примечания к табл. 7-11. [1]) Могут работать при 380 *в*. [2]) Для первого габарита до косой черты при 220 *в*, после черты при 380 *в*; для второго габарита до косой черты при 380 *в*, за чертой при 500 *в*.

Таблица 7-12. Предохранители НПН [1]

Тип	$I_н$, *а*: предохранителей	$I_н$, *а*: плавких вставок	Размеры, *мм*: ширина	Размеры, *мм*: высота	Размеры, *мм*: глубина	Вес, *кг*
НПН-15	15	6, 10, 15, 20, 25, 30, 40	32	112	32	0,188
НПН-60	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	35	121	38	0,256

Примечание к табл. 7-12. [1]) Закрытые с наполнителем, неразборные, до 500 *в* переменного тока 50 *гц* НПН-40. При 500 *в* переменного тока отключают ток к. з. до 35 000 *а*. Вес при подсоединении сзади.

Таблица 7-13. **Предохранители ПН2** [1]

Тип	$I_н$ предохранителя, *а*	$I_н$ плавкой вставки, *а*	Предельно отключаемый ток к. з., *а*	Размеры [2], *мм*			Вес, *кг*
				ширина	высота	глубина	
ПН2-40	40	6, 10, 15, 20, 25, 30, 40	—	—	—	—	—
ПН2-100	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	50000	40	185	65	0,5
ПН2-250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	40000	50	215	87	1,0
ПН2-400	400	200, 250, 300, 350, 400	25000	66	276	94	1,55
ПН2-600	600	300, 400, 500, 600	25000	80	342	120	2,9
ПН2-1000	1000	500, 600, 750, 800, 1000	—	—	—	—	—

Примечание к табл. 7-13. [1]) С закрытым патроном с наполнителем, переменного тока до 500 *в*. Надежная работа и малые габариты обеспечивают встройку в КРУ с минимальными (12 *мм* при 380 *в* и 20 *мм* при 500 *в*) электрическими расстояниями между фазами и от заземленных частей. [2]) При присоединении проводов спереди.

Таблица 7-14. **Предохранители резьбовые**

(по ГОСТ 1138-55, переменного тока)

Предохранители с резьбой на контактной гильзе	$U_н$, *в*	$I_н$, *а*		Размеры оснований [1], *мм*			Токи к. з., *а* (не менее)
		оснований	плавких вставок	ширина	высота	глубина	
Ц14	220	10	2,5; 4; 6 и 10	70/—	40/—	40/—	350
Ц27	380	20	6, 10, 15 и 20	90/55	55/50	50/55	600
Ц33	380	60	10, 15, 20, 30, 40 и 60	110/65	60/60	60/65	1000

Примечание к табл. 7-14. [1]) До косой черты при прямоугольном основании, за чертой при квадратном основании. Размеры по высоте даны без плавкой вставки, с плавкой вставкой соответственно: 53/—, 77/72, 89/79 *мм*.

Глава 7-2

СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ, ТРАНСФОРМАТОРЫ И ВЫПРЯМИТЕЛИ

§ 7-6. Синхронные машины

Таблица 7-15. **Турбогенераторы (основные технические данные)**

Тип [1]	Номинальные данные			К. п. д. при $P_н$, %	Маховой момент ротора, $Тм^2$	Вес			Тип возбудителя	Тип воздухоохладителя
	P, *ква*	cos φ	U, *в*			ротора, *т*	статора, *т*	общий с возбудителем, *т*		
Т2-0,75-2	938	0,8	400; 525; 6300	93,5	0,18	1,64	3,6	8,2	ВТ-20-3000	ВПТ-108-1000
Т2-1,5-2	1 875		400; 525; 3150; 6300	94,5	0,24	2,25	6,0	10,8	ВТ-20-3000	ВПТ-108-1000
Т2-2,5-2	3 125		3150; 6300	95,0	0,5	3,8	10,5	18,3	ВТ-40-3000	ВОП-3
Т2-4-2	5 000		3150; 6300	96,0	0,6	4,1	11,0	20,0	ВТ-50-3000	ВОП-3
Т2-6-2	7 500		3150; 6300	96,4	1,3	6,2	18,8	31,0	ВТ-50-3000	2ВОП-3
Т2-12-2	15 000		6300; 10 500	97,0	2,6	9,47	26,7	40,3	ВТ-75-3000	ВОП-12
Т2-25-2	31 250		6300; 10 500	97,4	4,94	17,5	46,0	69,5	ВТ-120-3000	ВОП-25
Т2-50-2	58 800	0,85	10 500	97,6	13,5	30,9	76,0	129,0	ВТ-170-3000	ВОП-75
ТВ2-30-2	37 500	0,8	10 500; 6300	97,8	5,0	18,0	57,0	86,0	ВТ-170-3000	—
ТГВ-25	33 330	0,75	10 500	98,0	5,4	17,0	—	—	ВТ-170-3000	—
ТВС-30-2	37 500	0,8	10 500	98,2	5,4	16,5	65,0	83,0	ВТ-170-3000	—
ТВ-50-2	62 500			98,5	13,5	31,0	87,0	159,0	ВТ-170-3000	—
ТВ-60-2	75 000			98,5	13,5	31,0	100,0	154,0	ВТ-170-3000	—
ТВ2-100-2	117 500	0,85	13 800	98,78	23	45,0	161,0	255,0	ВТ-300-3000	—
ТВФ-100-2	117 500	0,85	10 500	98,7	13	23,0	79,0	125,0	ВТ-450-3000	—
ТВ2-150-2	176 500	0,9	18 000	98,9	33,5	58,6	225,0	350,0	ВТ-360-3000	—

Примечание к табл. 7-15. [1]) Буква В обозначает генератор с обычным водородным охлаждением; буква Ф — генератор с форсированным (непосредственным) воздушным охлаждением; второе число в обозначении типа — активная мощность в *Мвт*.

Таблица 7-16. **Возбудители серии ВТ к турбогенераторам серии Т2**

Тип	Номинальные данные			Минимальное напряжение при устойчивой работе, *в*	Потолок на напряжение, *в*	Скорость нарастания напряжения, *в/сек*	К. п. д. при номинальной нагрузке, %	Шунтовой регулятор					Вес якоря, *кг*	Общий вес возбудителя, *кг*
								Тип	Число ступеней	Общее сопротивление, *ом*	Ток			
	P, *квт*	*U*, *в*	*I*, *а*								макс., *а*	мин., *а*		
ВТ-20-3000	20	60	334	10	120	120	80	РВМ1	98	58,4	8	0,3	175	900
ВТ-40-3000	40	115	348	20	175	240	87	РЗВ31Б	90	50	11	0,6	198	1300
ВТ-50-3000	50	150	333	40	220	280	88	РЗВ31Б	90	89	10	0,3	235	1470
ВТ-75-3000	75	230	325	50	350	380	89	РЗВ41В	140	107	10	1,2	254	1540
ВТ-120-3000	120	250	520	50	400	400	90	РЗВ41В	140	84	11	0,6	393	2750
ВТ-170-3000	170	230	740	60	450 [1]	500	90	РЗВ41В	140	392	5	0,3	785	5150

Примечание к табл. 7-16. [1] При включенном добавочном сопротивлении 27 *ом*.

Таблица 7-17. **Возбудители к турбогенераторам серии ТВ2**

Тип	Номинальные данные			Скорость вращения, *об/мин*	К. п. д. при номинальной нагрузке, %	Вес якоря, *кг*	Общий вес возбудителя, *кг*	Тип шунтового регулятора
	P, *квт*	*U*, *в*	*I*, *а*					
ВТ-120-3000	130	250	520	3000	90	395	2750	РЗВ41В
ВТ-170-3000	170	230	740	3000	90	785	5150	РЗВ41В
ВТ-300-3000	300	400	750	3000	91,5	875	5840	РВМ-1Б
ВТ-300-3000	360	450	800	3000	91,7	875	5840	РВМ-1Б

Таблица 7-18. Воздухоохладители к турбогенераторам серии Т2

Тип воздухоохладителя	Потери, отводимые воздухоохладителем, *кВт*	Расход воды, *м³/час*	Температура входящей воды, °С	Перепад водяного напора, *мм* вод. ст.	Расход воздуха, *м³/сек*	Температура охлажденного воздуха, °С	Перепад воздушного напора, *мм* вод. ст.	Число секций	Число ходов воды	Соединение по воде	Соединение по воздуху	Пробное гидравлическое давление, *кГ/см²*	Общий вес воздухоохладителя без воды, *кг*
ВПТ-108-1000	70	18,5	30	4	1.8	40	22	1	6	—		5	425
ВОП-3	140	60	30	2.5	4	40	25	1	4	—		3	1 100
2ВОП-3	200	80	30	1,7	8	40	25	2	4	Параллельное		3	2 200
ВОП-12	350	100	30	2	12	40	22	2	4	»		3	2670
ВОП-25	650	300	30	1.7	20	40	16	2	2	»		3	4 200
ВОП-75	1200	275	30	3.5	36	40	55	4	6	»		3	10 200

Таблица 7-19. **Газоохладители турбогенераторов серии ТВ2**

Тип	Потери, отводимые газоохладителем, *квт*	Расход воды, *м³/час*	Температура входящей воды, °С	Перепад водяного напора, *мм* вод. ст.	Расход газа, *м³/сек*	Температура охлажденного газа, °С	Перепад давления газа, *мм* вод. ст.	Число секций	Число ходов воды	Соединение по воде	Соединение по газу	Пробное гидравлическое давление, *кГ/см²*	Общий вес газоохладителя без воды, *кг*
ОГП-30	470	200	30	5	16	40	6	4	2	Параллельное		6	4080
ОГП-50	750	200	30	4	30	40	8,5	6	2	»		6	6720
ОГП2-100	1050	400	30	5	45	40	12	8	2	»		8	10800
ОГП2-150	1350	640	30	6	60	40	12	8	2	»		8	15760

Таблица 7-20. **Синхронные двигатели серии СМ**

Тип	Мощность		cos φ	К. п. д.	Размеры установочные, *мм*	Вес, *кг*
	ква	*квт*				
СМ-114-6	80	56	0,8	88	450 × 620	910
СМ-114-6	80	72	1	88	450 × 620	910
СМ-116-6	120	86	0,8	90	590 × 620	1160
СМ-116-6	120	110	1	90	590 × 620	1160

§ 7-7. Трансформаторы

Таблица 7-21. Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные и однофазные с масляным охлаждением

В обозначении типов трансформаторов буквы и числа имеют следующий смысл: первая буква указывает число фаз (Т — трехфазный; О — однофазный); вторая — систему охлаждения (М — естественное масляное, Д — масляное с форсированным воздушным охлаждением — дутьем); буква Г — наличие в обмотке 110 *кв* емкостной защиты от перенапряжений (грозоупорные); буква Н — регулирование напряжения под нагрузкой; Ц — водяное охлаждение с принудительной циркуляцией масла; первое число указывает номинальную мощность в *ква*; второе число (после косой черты) — напряжение ВН в *кв*.

Тип	Верхний предел $U_н$ обмоток, *кв*		Потери, *вт*		К. п. д. при $\cos\varphi = 1$ и $P_н$, %	$U_{к.з}$ от $U_н$, %	$I_{х.х}$ от $I_н$, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
	ВН	НН	при х.х. $U_н$	при к.з. $I_н$				высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Трехфазные с естественным масляным охлаждением												
ТМ-20/6	6	0,4	180	600	96,2	5,5	9	1075	920 × 775	150	125	365
ТМ-20/10	10	0,4	220	600	96,0	5,5	10	1245	1070 × 600	230	160	475
ТМ-30/6	6	0,4	250	850	96,5	5,5	8	1145	970 × 800	200	145	460
ТМ-30/10	10	0,4	300	850	96,3	5,5	9	1325	1070 × 600	250	185	530
ТМ-50/6	6	0,525	350	1 325	96,7	5,5	7,0	1194	1019 × 820	265	195	580
ТМ-50/10	10	0,4	440	1 325	96,6	5,5	8,0	1390	1107 × 800	340	230	680
ТМ-100/6	6	0,525	600	2 400	97,0	5,5	6,5	1492	1120 × 820	450	280	890
ТМ-100/10	10	0,525	730	2 400	97,0	5,5	7,5	1542	1380 × 820	475	285	950
ТМ-180/6	6	0,525	1000	4 000	97,3	5,5	6,0	1492	1600 × 990	605	345	1280
ТМ-180/10	10	0,525	1200	4 100	97,2	5,5	7,0	1595	1600 × 990	610	370	1255
ТМ-320/6	6	0,525	1600	6 070	97,7	5,5	6,0	1740	1858 × 1200	880	480	1730
ТМ-560/10	6	0,4	2500	9 400	98,0	5,5	6,0	2210	2270 × 1375	1460	1000	3040
ТМ-560/10	10	0,525	2500	9 400	97,9	5,5	6,0	2112	2270 × 1350	1370	1000	3010
ТМ-750/10	6	0,4	4100	11 900	98,0	5,5	6 0	2470	2410 × 1505	1900	1550	4270

Продолжение

Тип	Верхний предел $U_н$ обмоток, *кв*		Потери, *вт*		К. п. д. при $\cos\varphi = 1$ и $P_н$, %	$U_{к.з}$ от $U_н$, %	$I_{х.х}$ от $I_н$, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
	ВН	НН	при х.х. $U_н$	при к.з. $I_н$				высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
ТМ-1000/10	6	0,4	4 900	15 000	98,0	5,5	5,0	2570	2570 × 1600	2 380	1 680	4 980
ТМ-1000/10	10	0,4	4 900	15 000	98,0	5,5	5,0	2570	2570 × 1600	2 380	1 680	4 980
ТМ-100/35	35	0,525	900	2 400	96,8	6,5	8	1820	1580 × 1090	640	600	1 510
ТМ-180/35	35	10,5	1 500	4 100	97,0	6,5	8	2065	2340 × 1060	920	780	2 040
ТМ-320/35	35	10,5	2 300	6 200	97,4	6,5	7,5	2140	2390 × 1390	1 300	970	2 750
ТМ-560/35	10	6,3	3 350	9 400	97,8	5,5	6,5	2450	2540 × 1270	1 900	1 310	3 930
ТМ-560/35	35	10,5	3 350	9 400	97,8	6,5	6,5	2450	2540 × 1270	1 900	1 310	3 930
ТМ-750/10	10	0,525	4 100	11 900	98,0	5,5	6,0	2470	2405 × 1520	1 900	1 550	4 270
ТМ-1000/10	10	6,3	4 900	15 000	98	5,5	5	2570	2570 × 1600	2 380	1 680	4 980
ТМ-1000/35	35	10,5	5 110	15 000	98	6,5	5,5	3050	2810 × 1670	2 850	2 170	6 380
ТМ-1800/10	10	6,3	8 000	24 000	98,2	5,5	4,5	3430	2960 × 1740	3 680	3 190	8 910
ТМ-1800/35	35	10,5	8 300	24 000	98,2	6,5	5	3430	2960 × 1740	3 900	3 130	9 070
ТМ-3200/10	10	6,3	11 000	37 000	98,5	5,5	4	4000	4150 × 2600	5 200	5 070	13 130
ТМ-3200/35	38,5	10,5	11 500	37 000	98,5	7,0	4,5	4000	4150 × 2600	5 530	4 970	13 360
ТМ-5600/10	10,0	6,3	18 000	56 000	98,7	5,5	4	4000	4300 × 3760	8 060	6 420	18 960
ТМ-5600/35	38,5	10,5	18 500	57 000	98,7	7,5	4,5	4000	4300 × 3760	8 400	6 420	19 200
ТМ-7500/35	38,5	11,0	24 000	75 000	98,7	7,5	3,5	4190	5050 × 3740	9 100	7 200	22 500
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем												
ТД-10000/35	38,5	11	29 000	92 000	98,8	7,5	3	4305	3380 × 3850	11 500	6 300	23 800
ТД-15000/35	38,5	11	39 000	122 000	99	8	3	4615	4270 × 3900	15 000	7 400	31 100
ТД-20000/35	38,5	11	48 000	148 000	99	8	2,5	5030	4470 × 3900	19 700	8 300	37 000
ТД-31500/35	38,5	11	73 000	180 000	99,2	8	2	5500	5400 × 4140	27 100	12 400	54 000
ТД-40500/35	38,5	11	94 000	222 000	99,2	8,5	2,3	6225	6000 × 4300	35 400	14 500	66 000

Продолжение

Тип	Верхний предел $U_н$ обмоток, *кв*		Потери, *вт*		К. п. д. при $\cos\varphi=1$ и $P_н$, %	$U_{к.з}$ от $U_н$, %	$I_{х.х}$ от $I_н$, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
	ВН	НН	при х.х. $U_н$	при к.з. $I_н$				высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Трехфазные с естественным масляным охлаждением. грозоупорные												
ТМГ-5600/110	121	38,5	25 500	62 500	98,4	10,5	4,5	4690	5000 × 4430	11 500	13 300	35 300
ТМГ-7500/110	121	38,5	33 000	77 000	98,5	10,5	4	4955	5500 × 4400	12 900	15 700	40 300
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем, грозоупорные												
ТДГ-10000/110	121	38,5	38 500	97 500	98,7	10,5	3,5	5105	5360 × 4400	14 300	15 200	40 000
ТДГ-15000/110	121	38,5	50 000	133 000	98,8	10,5	3,5	5945	5120 × 4490	21 300	18 400	52 600
ТДГ-20000/110	121	38,5	60 000	163 000	98,9	10,5	3	5430	5600 × 4450	26 700	17 800	59 000
ТДГ-31500/110	121	38,5	86 000	200 000	99,1	10,5	2,7	5950	6450 × 4600	32 500	21 500	72 000
ТДГ-40500/110	121	38,5	115 000	222 000	99,2	10,5	2,6	6585	6840 × 4690	41 600	25 800	90 500
ТДГ-60000/110	121	38,5	150 000	300 000	99,3	11,5	3,6	6870	7510 × 4980	55 400	30 600	115 000
ТДГ-70000/110	121	13,8	135 000	390 000	99,2	13	3,5	7220	8445 × 4980	55 600	32 720	122 370
Однофазные, масляное охлаждение с дутьем, грозоупорные												
ОДГ-10500/110	121	11	29 500	81 500	99	10,5	3,3	5440	4060 × 4390	13 500	10 000	31 500
ОДГ-20000/110	121	11	47 000	129 000	99,1	10,5	2,85	6100	5550 × 4700	20 500	14 500	47 000
ОДГ-40000/110	121	13,8	84 000	216 000	99,2	10,5	2,5	7100	6400 × 4500	35 000	20 500	72 000
ОДГ-50000/110	121	13,8	107 000	222 000	99,3	10,5	2	7410	6050 × 4690	39 000	25 100	85 100

Продолжение

Тип	Верхний предел $U_н$ обмоток, *кв*		Потери, *вт*		К. п. д. при $\cos\varphi=1$ и $P_н$, %	$U_{к.з}$ от $U_н$, %	$I_{х.х}$ от $I_н$, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
	ВН	НН	при х.х. $U_н$	при к.з. $I_н$				высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем, регулирование напряжения под нагрузкой												
ТДН-10000/35	38,5	11	28 000	96 000	98,76	14,4	4	5070	4780 × 4040	14 000	8 300	29 600
ТДН-15000/35	38,5	6,6	40 000	125 000	98,91	8,2	4	5520	5335 × 3930	18 500	12 000	42 000
ТДН-20000/35	38,5	6,6	50 000	146 000	99,03	8,3	3,5	5965	5590 × 4030	23 000	14 700	50 500
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем, регулирование напряжения под нагрузкой, грозоупорные												
ТДНГ-10000/110	112	11	34 000	102 000	98,64	13,2	4,5	6240	4900 × 4940	18 500	20 000	53 000
ТДНГ-15000/110	112	6,6	50 000	115 000	98,9	10,7	4,5	6490	4730 × 4930	22 900	21 700	59 700
ТДНГ-20000/110	112	10,5	62 000	153 000	99,93	11,6	4,5	5740	4600 × 4970	28 000	23 500	69 500
ТДНГ-31500/110	112	10,5	95 000	195 000	99	11,6	4	5785	6300 × 5110	41 000	26 500	91 500
Трансформаторы 35—500 *кв* [1]												
ТДГ-10000/150	154	3,3	41 000	96 000	—	14,6	—	6460	6590 × 4710	18 200	26 600	61 300
ТДГ-10000/150	150—169	3—10	41 000	96 000	—	14,0	—	6460	6590 × 4710	18 200	26 600	61 300
ТЦГ-10000/150	169	6,3	41 000	91 800	—	14,4	—	6460	5250 × 3450	18 200	24 200	55 000
ТДГ-31500/150	154—150	6,6	109 300	206 000	—	12,7	—	7260	7680 × 5070	42 700	40 300	111 300
ТДГ-31500/150	150	6,6	110 300	183 000	—	12,7	—	6850	7680 × 5070	42 700	40 300	111 300
ТДГ-65000/150	150—169	13,8	178 000	315 000	—	12,8	—	7650	8670 × 5570	63 000	50 000	154 000
ТЦГ-70000/150	150—169	13,8	178 000	360 000	—	14	—	7050	6300 × 3800	64 000	36 500	122 000
ОДГ-40000/220	220—242	13,8	106 000	204 000	—	13,2	—	8065	6820 × 5200	45 000	37 000	112 000
ТДГ-120000/220	242	13,8	—	—	—	12	—	8000	13500 × 7500	110 000	75 000	235 000

Примечание к табл. 7-21. [1]) Выпускаются также типов ТЦ-10000/35, ТЦ-15000/35, ТД-10000/44, ТД-31500/44, ТДГ-120000/110, ГМН-7500/35, ТДЦГ-180000/220 и ОЦДГ-13500/500.

Таблица 7-22. Трансформаторы силовые трехобмоточные трехфазные и однофазные с масляным охлаждением

В обозначениях типа трансформаторов буквы и числа имеют следующий смысл: О — однофазный; Т — трехфазный (первая буква) и трехобмоточный (буква в середине); Д — форсированное воздушное охлаждение; М — масляное естественное охлаждение; Г — грозоупорный; А — автотрансформатор; первое число указывает номинальную мощность в *ква*; второе (после косой черты) напряжение ВН в *кв*.

Тип	Вариант исполнений	$U_н$ обмоток, *кв*			Потери, *квт*		$P_н$ и cos $\varphi = 1$	$u_к$, %			$I_{х.х}$ от номинального, %	Габаритные, размеры, *мм*		Вес, *кг*		
		ВН	СН	НН	х. х. при $U_н$	к. з. при $I_н$	к. п. д. при	В/С	В/Н	С/Н		высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Трехфазные с естественным масляным охлаждением, грозоупорные																
ТМТГ-5600/110	I	121	38,5	11	30	69,5	98,2	17	10,5	6	5	5090	5490 × 4540	13700	17900	43000
ТМТГ-5600/110	II	121	38,5	11	29	69,5	98,2	10,5	17	6	5	5090	5490 × 4540	13700	17900	43000
ТМТГ-7500/110	I	121	38,5	11	35	82	98,4	17	10,5	6	4,6	5210	6460 × 4640	16500	18100	48600
ТМТГ-7500/110	II	121	38,5	11	35,5	81,5	98,4	10,5	17	6	4,6	5210	6460 × 4640	16500	18100	48600
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем, грозоупорные																
ТДТГ-10000/110	I	121	38,5	11	45	97	98,6	17	10,5	6	4,4	5245	5735 × 4590	20400	18500	51200
ТДТГ-10000/110	II	121	38,5	11	43	97	98,6	10,5	17	6	4,4	5245	5735 × 4590	20400	18500	51200
ТДТГ-15000/110	I	121	38,5	11	63	132	98,7	17	10,5	6	4	5400	5885 × 4700	28100	20700	60800
ТДТГ-15000/110	II	121	38,5	11	59	132	98,7	10,5	17	6	4	5400	5885 × 4700	28100	20700	60800

Продолжение

Тип	Вариант исполнений	$U_н$ обмоток, *кв*			Потери, *квт*		$P_н$ и $\cos\varphi = 1$	$u_к$, %			$I_{х.х}$ от номинального, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
		ВН	СН	НН	х. х. при $U_н$	к. з. при $I_н$	к. п. д. при	В/С	В/Н	С/Н		высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
ГДТГ-20000/110	I	121	38,5	11	76	163	98,8	17	10,5	6	3,5	5555	6000 × 4700	32 000	22 500	71 000
ГДТГ-20000/110	II	121	38,8	11	75	163	98,8	10,5	17	6	3,5	5555	6000 × 4700	32 000	22 500	71 000
ТДТГ-31500/110	I	121	38,5	11	110	233	98,9	17	10,5	6	3	6075	7100 × 4850	45 200	29 500	98 700
ТДТГ-31500/110	II	121	38,5	11	105	233	98,9	10,5	17	6	3	6075	7100 × 4850	45 200	29 500	98 700
ТДТГ-40500/110	I	121	38,5	11	130	300	98,9	17	10,5	6	3	7060	6920 × 4900	51 500	35 700	116 000
ТДТГ-40500/110	II	121	38,5	11	130	300	98,9	10,5	17	6	3	7060	6920 × 4900	51 500	35 700	116 000
ТДТГ-60000/110	I	121	38,5	13,8	150	410	99,0	17	10,5	6	3	7665	8120 × 5130	66 700	39 100	144 000
Трехфазные, масляное охлаждение с дутьем, регулирование напряжения под нагрузкой, грозоупорные																
ТДТНГ-10000/110	I	115	38,5	11	50	104	98,5	17	10,5	6,4	6	6355	5500 × 5180	26 000	27 000	71 000
ТДТНГ-10000/110	II	115	38,5	11	50	104	98,5	10,5	17	6,4	6	6355	5500 × 5180	26 000	27 000	71 000
ТДТНГ-15000/110	I	112	38,5	11	65	140	98,7	10,8	18,2	6,6	5	6645	5850 × 5280	31 000	27 200	77 000
ТДТНГ-15000/110	II	112	38,5	11	65	182	98,7	18,2	10,8	6,6	5	6645	5850 × 5280	31 000	27 000	77 000
ТДТНГ-20000/110	I	112	38,5	6,3	78	182	98,7	11,7	19	6,7	5	6640	5840 × 5270	34 000	28 000	82 000
ТДТНГ-20000/110	II	112	38,5	6,6	78	181	98,7	18,4	11,2	6,5	5	6610	5840 × 5270	34 000	28 000	82 000
ТДТНГ-31500/110	I	115	38,5	11	125	255	98,8	17,4	10,5	6,2	5	7100	6800 × 5600	53 000	37 500	122 400
ТДТНГ-31500/110	II	115	38,5	11	125	255	98,8	10,7	17,1	6,2	5	7100	6800 × 5600	53 000	37 500	122 400
ТДТНГ-40500/110	I	112	38,5	10,5	135	300	98,93	17,0	10,5	6,0	4	7600	7240 × 5720	55 000	39 200	128 000
ТДТНГ-40500/110	II	112	27,5	11	135	300	98,93	10,5	17,0	6,0	4	7600	7240 × 5720	55 000	39 200	128 000

Продолжение

Тип	Вариант исполнений	$U_н$ обмоток, *кв*			Потери, *квт*		к. п. д. при $P_н$ и $\cos\varphi = 1$	$u_к$, %			$I_{х.х}$ от номинального, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
		ВН	СН	НН	х. х. при $U_н$	к. з. при $I_н$		В/С	В/Н	С/Н		высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Однофазные с естественным масляным охлаждением, грозоупорные																
ОМТГ-5000/110	I	121	38,5	11	20,5	54,5	98,5	17	10,5	6	4,2	5175	4110 × 4540	12 300	12 000	32 000
ОМТГ-5000/110	II	121	38,5	11	20,5	54,5	98,5	10,5	17	6	4,2	5175	4110 × 4540	12 300	12 000	32 000
ОМТГ-6667/110	I	121	38,5	11	27	66	98,6	17	10,5	6	4	5175	4110 × 4540	12 300	12 300	33 000
ОМТГ-6667/110	II	121	38,5	11	25	66	98,6	10,5	17	6	4	5175	4110 × 4540	12 300	12 300	33 000
Однофазные, масляное охлаждение с дутьем, грозоупорные																
ОДТГ-10500/110	I	121	38,5	11	35,5	96,5	98,8	17	10,5	6	3,6	5480	4020 × 4590	15 700	12 200	36 700
ОДТГ-10500/110	II	121	38,5	11	32,5	96,5	98,8	10,5	17	6	3,6	5480	4020 × 4590	15 700	12 200	36 700
ОДТГ-13500/110	I	121	38,5	11	41	116	98,8	17	10,5	6	3	5460	4160 × 4700	19 000	12 500	43 800
ОДТГ-13500/110	II	121	38,5	11	38,5	116	98,9	10,5	17	6	3	5460	4160 × 4700	19 000	12 500	43 800
ОДТГ-20000/110	I	121	38,5	11	59	147	99	17	10,5	6	2,8	5745	5250 × 4790	28 000	16 600	56 000
ОДТГ-20000/110	II	121	38,5	11	55	147	99	10,5	17	6	2,8	5745	5250 × 4790	28 000	16 600	56 000

Продолжение

Тип	$U_н$ обмоток, *кв*			Потери, *квт*		$\cos\varphi = 1$	$u_к$, %			$I_{х.х}$ от номинального, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*		
	ВН	СН	НН	х. х. при $U_н$	к. з. при $I_н$	к. п. д. при $P_н$ и	В/С	В/Н	С/Н		высота	в плане	выемной части	масла	всего тр-ра
Трансформаторы на 110 — 220 *кв*															
ТДТГ-75000/110	121	38,5	10		—	—	—	—	—	—	7460	8 170×5740	70 000	42 260	155 000
ТДТГ-15000/150	150	38,5	6,6	77,8	—	—	12,35	17,59	5,22	—	6700	7 200×5040	30 000	31 300	80 000
ТДТГ-31500/150	150÷161	35÷38,5	6,3÷6	131	—	—	17,9÷18	12,2÷12,5	5,1÷5,5	—	7310	8 040×5200	50 800	45 300	130 600
ТДТГ-60000/150	150	38,5	11	190,5	—	—	19,24	12,43	6,19	—	8600	9 400×6000	78 000	50 000	170 000
ОДТГ-40000/220	220 (242)	110	13,8	130	—	—	22	13,5—13,8	8	—	8210	7 940×6200	62 300	50 700	153 000
ОДТГ-60000/220	220 (242)	115	11	198	—	—	14,5	23	7,5	—	8480	9 260×6560	76 000	65 200	191 000
ОЦТГ-82500/220	242	121 (110)	13,5	274	—	—	22	14	8	—	8250	8 500×4350	96 400	61 800	200 000
ОДТГА-40000/220	242	121	6,3	77	—	—	10,8	30,5	18,6	—	7450	6 340×5250	34 300	33 000	88 500
АТДТГ-180000/150	165	121	10	183,4	—	—	6,02	47,1	38,6	—	6780	10 460×6000	73 500	47 000	160 000

Таблица 7-23. Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные и однофазные с воздушным охлаждением

Тип [1]	Верхний предел $U_н$ обмоток, *в*		Потери, *вт*		К. п. д. при $U_н$ и $\cos\varphi = 1$, %	$U_{к.з}$ от $U_н$, %	Ток х. х. от $I_н$, %	Габаритные размеры, *мм*		Вес, *кг*	
	ВН	НН	х. х. при $U_н$	к. з. при $P_н$				высота	в плане	выемной части	всего трансформатора
Трехфазные низковольтные серий ТС и ТСУ											
ТС-10/0,5	380	230 ÷ 133	145	300	—	6	—	600	810 × 350	—	180
ТС-10/0,5	500	400 ÷ 230	145	300	—	6	—	600	810 × 350	—	180
ТС-10/0,5	500	230 ÷ 133	145	300	—	6	—	600	810 × 350	—	180
ТС-20/0,5	380	230 ÷ 133	270	500	—	4	—	630	800 × 470	—	255
ТС-20/0,5	500	400 ÷ 230	270	500	—	4	—	630	800 × 470	—	255
ТС-20/0,5	500	230 ÷ 133	270	500	—	4	—	630	800 × 470	—	255
ТСУ-30/0,5	380	230	350	825	—	4,3	—	790	1000 × 525	—	400
ТСУ-30/0,5	500	400 ÷ 230	350	825	—	4,3	—	790	1000 × 525	—	400
ТСУ-30/0,5	525	230	350	825	—	4,3	—	790	1000 × 525	—	400
ТСУ-120/0,5	380	230	1180	1635	—	3,5	—	1145	1120 × 625	—	
ТСУ-120/0,5	500	400 ÷ 230	1180	1635	—	3,5	—	1145	1120 × 625	—	
ТСУ-120/0,5	500	230 ÷ 133	1180	1635	—	3,5	—	1145	1120 × 625	—	
Трехфазные понижающие											
ТС-180/10	10500	525	1620	3000	97,51	5,5	4	2040	2420 × 1130	1460	1860
								1820	1950 × 1130	1450	1900
ТС-320/10	10500	525	2600	4900	97,51	5,5	3,5	2040	2420 × 1130	2050	2450
								1820	1950 × 1130	1985	2440
ТС-560/10	10500	525	3500	7400	98,09	5,5	3	2200	2500 × 1240	3200	3750
ТС-750/10	10500	525	4000	8800	98,32	5,5	2,5	2500	2520 × 1290	4000	4680

Примечание к табл. 7-23. [1]) Первое число в обозначении типа — *номинальная мощность в ква, второе — ВН, кв.*

Таблица 7-24. **Выбор трехфазных предохранителей высокого напряжения для защиты силовых трансформаторов** [1])

Номинальная (трехфазная) мощность (*ква*) защищаемого тр-ра при напряжении				Номинальный ток тр-ра, *а*	Номинальн. ток плавкой вставки предохранителя, *а*
3 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	35 *кв*		
—	5	10	—	0,5	2
5	10	20	50	1	3
10	20	30	100	1,9	5
—	30	50	180	3	7,5
20	50	75	—	5	10
30	75	100	320	8	15
50	100	180	560	10	20
75	135	240	—	14,5	30
100	180	320	1000	20	40
—	320	560	—	30	50
240	560	750	—	54	75
320	750	1000	—	70	100
560	1000	1500	—	100	150
750	1500	2500	—	145	200
1000	2000	—	—	210	300
1500	—	—	—	300	400

Примечание к табл. 7-24. [1]) Для тр-ров, номинальный ток которых отличается от приведенных в таблице, следует выбирать ближайшую бо́льшую плавкую вставку предохранителя.

§ 7-8. Выпрямители

В обозначениях типов выпрямителей (табл. 7-26) буквы и числа имеют следующий смысл: Р — ртутные, М — металлические, числовое обозначение — выпрямленный ток, ВС — исполнение.

Таблица 7-25. **Выпрямители одноанодные ртутные металлические** [1])

Тип	$P_н$, *квт*	Выпрямленные		Размеры (длина × × ширина × высота), *мм*	Вес (без воды), *кг*
		$U_н$, *в*	$I_н$, *а*		
АРМНВ-500 × 6М	1850	3000	750	2500 × 1220 × 2367	2660
АРМНВ-500 × 6	1800	230÷1650	3000÷1000	2500 × 1220 × 2267	2500
АРМНВ-500 × 12	3600	230÷ 825	6000÷5000	4000 × 1220 × 2560	4450
АРМНВ-750 × 6-П	2700	3300	1500	2500 × 1450 × 2367	2660
АРМНВ-1000 × 6	3600	230— 825	до 4000	2500 × 1220 × 2267	2500
РМНВ-1000 × 2	1200	—	1000	1490 × 1220 × 1240	1100
РМНВ-1000 × 3	1800	—	—	1800 × 1220 × 1909	1500
АРМНВ-1000 × 6М [2])	3600	825	2000	2500 × 1220 × 2367	2660
АРМНВ-1000 × 12	7200	230÷ 825	до 8000	4000 × 1220 × 2500	4450

Примечание к табл. 7-25. [1]) Разборные, со встроенными вакуумными насосами и с водяным охлаждением; предназначены для преобразования трехфазного тока в постоянный. [2]) Для мостовых схем.

Таблица 7-26. **Выпрямители ртутные металлические запаянные**

Тип	Выпрямленные		Размеры, *мм*	Вес, *кг*
	U, *в*	*I*, *а*		
РМ-500ВС	До 600	500	2362×916×1016 1785×916×1016	550 415
РМ-300ВС	До 600	300	990×1040×1720	410
РМ-200	До 500	До 200	2200×800×910	600
РМВ-250×3	825	750	1512×1100×2400	1200
РМВ-250×6	825	1500	2952×1100×2400	2000
РМВ-250×12	825	3000	— — —	—
РМ-350×6	825	2100	1970×1540×1790	1300

ГЛАВА 7-3

АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

§ 7-9. Основные стандартные данные электродвигателей мощностью от 0,6 до 100 *квт*

Ряды стандартных мощностей электродвигателей

Электродвигатели постоянного тока коллекторные универсальные и асинхронные мощностью до 600 *вт* по ГОСТ 6435-52:

5; 10; 18; 30; 50; 80; 120; 180; 270; 400; 600 *вт*.

Трехфазные асинхронные электродвигатели мощностью 0,6—100 *квт* по ГОСТ 4542-59:

0,6; 0,8; 1,1; 1,5; 2,2; 3,0; 4,0; 5,5; 7,5; 10,0; 13,0; 17,0; 22; 30,0; 40,0; 55,0; 75,0; 100 *квт*.

Трехфазные асинхронные электродвигатели мощностью свыше 100 и до 1000 *квт* по ГОСТ 7830-55:

125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000 *квт*.

Трехфазные синхронные электродвигатели мощностью свыше 100 до 1000 *квт* по ГОСТ 8585-57 (при номинальном коэффициенте мощности 0,9 при опережающем токе):

125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800 *квт*.

Трехфазные синхронные электродвигатели мощностью 1000 *квт* и выше по ГОСТ 8704-58 (при номинальном коэффициенте мощности 0,9 при опережающем токе):

1000, 1250; 1600, 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000 *квт*.

Взрывонепроницаемые (взрывобезопасные) трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором мощностью 0,6—100 *квт* по ГОСТ 6661-58:

0,6; 0,8; 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4; 5,5; 7,5; 10; 13; 17; 22; 30; 40; 55; 75; 100 *квт*.

Таблицы 7-27а-е. **Асинхронные трехфазные электродвигатели мощностью от 0,6 до 100 *квт* (ГОСТ 186-52)**

В табл. 7-27а — 7-27е собраны некоторые данные, характеризующие работу трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью от 0,6 до 100 *квт*.

В табл. 7-27а указаны *пределы мощности* электродвигателя в зависимости от напряжения, исполнения ротора и скорости вращения.

Таблица 7-27а

Номинальные напряжения, *в*	Ротор электродвигателя	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*			
		3000	1500	1000	750
		Пределы мощности, *квт*			
220/380 и 500	Короткозамкнутый	1÷100	0,6÷100	1 ÷75	4,5÷55
	Фазный	—	2,8÷100	1,7÷75	4,5÷55
127/220	Короткозамкнутый	1÷10	0,6÷7	1÷4,5	—

В табл. 7-27б приведены *отношения начального пускового момента вращения к номинальному* для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором в зависимости от мощности и скорости вращения.

Таблица 7-27б

Мощность, *квт*	Двигатели защищенного исполнения				Двигатели закрытого обдуваемого исполнения			
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*							
	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
0,6	—	1,7	—	—	2,0	1,7	—	—
1,0	1,8	1,8	1,3	—	2,0	1,8	1,3	—
1,7	1,8	1,8	1,3	—	1,8	1,8	1,3	—
2,8	1,6	1,8	1,3	—	1,8	1,8	1,3	—
4,5	1,6	1,4	1,3	1,0	1,6	1,4	1,4	1,5
7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,6	1,4	1,4	1,5
10	1,5	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,3
14	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,3
20	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3
28	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3
40	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,3
55	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
75	1,0	1,0	1,0	—	1,1	1,1	1,2	—
100	1,0	1,0	—	—	1,1	1,1	—	—

Отношение минимального момента вращения в процессе пуска к номинальному для электродвигателей с к. з. ротором всех мощностей должно быть 0,8.

В табл. 7-27в приведены *отношения максимального момента вращения к номинальному* для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором и для электродвигателей защищенного исполнения с фазным ротором в зависимости от скорости вращения.

Таблица 7-27в

Скорость вращения (синхронная), *об/мин*	3000	1500	1000	750
Отношение максимального момента вращения к номинальному	2,2	2	1,8	1,7

В табл. 7-27г даны *отношения начального пускового тока к номинальному* для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором в зависимости от мощности и скорости вращения.

Таблица 7-27г

Мощность, *квт*	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*			
	3000	1500	1000	750
0,6÷28	7	7	6,5	5,5
40÷100	6,5	6,5	6,5	5,5

В табл. 7-27д и 7-27е приведены значения к. п. д. и cos φ для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором (табл. 7-27д) и защищенного исполнения с фазным ротором и постоянно налегающими щетками (табл. 7-27е). Данные этих таблиц относятся к номинальным значениям мощности, напряжения и частоты.

Таблица 7-27д

Мощность, *квт*	К. п. д., %				cos φ			
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*							
	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
	Двигатели защищенного исполнения							
0,6	—	74,0	—	—	—	0,76	—	—
1,0	79,0	78,5	77,0	—	0,86	0,79	0,72	—
1,7	81,5	81,5	79,5	—	0,87	0,82	0,75	—
2,8	84,0	83,5	82,5	—	0,88	0,84	0,78	—
4,5	85,5	85,5	84,5	83,5	0,88	0,85	0,80	0,76
7,0	87,0	87,0	86,0	85,0	0,89	0,86	0,81	0,78

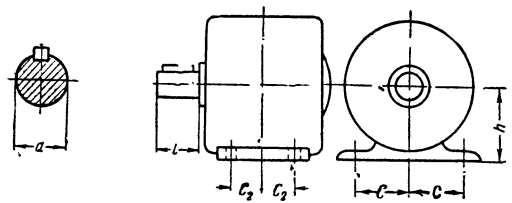
Продолжение

Мощность, *квт*	К. п. д., %				cos φ			
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*							
	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
10	87,5	87,5	86,5	85,0	0,89	0,88	0,82	0,80
14	87,5	88,5	87,0	87,0	0,89	0,88	0,83	0,81
20	88,5	89,0	88,0	88,0	0,90	0,88	0,84	0,82
28	89,0	90,0	89,0	89,0	0,90	0,88	0,85	0,83
40	90,0	90,5	90,0	90,0	0,91	0,89	0,86	0,84
55	90,5	91,0	91,0	91,0	0,91	0,89	0,87	0,84
75	91,0	91,5	92,0	—	0,91	0,89	0,88	—
100	91,5	92,0	—	—	0,92	0,89	—	—
	Двигатели закрытого обдуваемого исполнения							
0,6	76,0	74,0	—	—	0,85	0,76	—	—
1,0	79,0	78,5	77,0	—	0,86	0,79	0 72	—
1,7	81,5	81,5	79,5	—	0,87	0,82	0,75	—
2,8	84,0	83,5	82,5	—	0,88	0,84	0,78	—
4,5	85,5	85,5	84,5	84,5	0,88	0,85	0,80	0,76
7,0	87,5	87,0	86,0	86,0	0,89	0,86	0,81	0,78
10	87,5	87,5	87,0	87,0	0,89	0,88	0,82	0,80
14	88,0	88,5	88,0	87,5	0,90	0,88	0,83	0,81
20	88,5	89,0	88,5	88,0	0,90	0,88	0,84	0,82
28	89,5	90,0	89,0	89,0	0,91	0,88	0,86	0,83
40	89,5	90,5	90,0	90,0	0,91	0,89	0,87	0,84
55	90,0	91,0	91,0	91,0	0 92	0,89	0,88	0,84
75	90,5	91,5	92,0	—	0,92	0,90	0,89	—
100	91,0	92,0	—	—	0,92	0,90	—	—

Таблица 7-27е

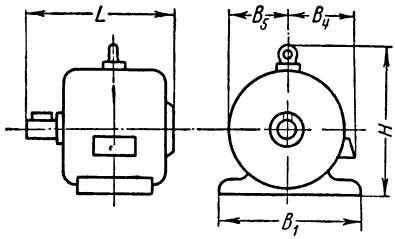
Мощность, *кэт*	К. п. д., %			cos φ		
	Скорость вращения (синхронная), *об/мин*					
	1500	1000	750	1500	1000	750
1,7	—	72,5	—	—	0,72	—
2,8	78,0	75,5	—	0,82	0,74	—
4,5	80,0	78,5	76,5	0,83	0,76	0,72
7	82,0	81,0	79,5	0,84	0,78	0,74
10	83,5	82,5	81,5	0,85	0,79	0,76
14	84,5	84,0	83,0	0,86	0,80	0,77
20	86,0	85,0	84,5	0,86	0,81	0,79
28	87,0	86,5	86,0	0,87	0,82	0,80
40	88,0	87,5	87 5	0,87	0,83	0,81
55	89,0	88,5	88,5	0,87	0,83	0,82
75	90,0	89,5	—	0,88	0,84	—
100	90,5	—	—	0,88	—	—

Таблица 7-28. Установочные размеры электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения, на лапах без фланца



Номинальная мощность двигателей, *квт*								Установочные размеры, *мм*				
в защищенном исполнении				в закрытом обдуваемом исполнении								
Скорость вращения (синхронная), *об/мин*								2C	$2C_2$	h	d	l
3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750					
1,0	0,6	—	—	0,6	0,6	—	—	170	90	100	18	40
1,7	1,0	—	—	1,0	1,0	—	—	170	120	100	18	40
2,8	1,7	1,0	—	1,7	1,7	1,0	—	210	110	125	25	60
4,5	2,8	1,7	—	2,8	2,8	1,7	—	210	150	125	25	60
7,0	4,5	2,8	—	4,5	4,5	2,8	—	285	150	170	35	80
10,0	7,0	4,5	—	7,0	7,0	4,5	—	285	200	170	35	80
14,0	—	—	—	10,0	—	—	—	315	320	200	35	80
20,0	—	—	—	14,0	—	—	—	315	320	200	35	80
—	10,0	7,0	4,5	—	10,0	7,0	4,5	315	320	200	45	110
—	14,0	10,0	7,0	—	14,0	10,0	7,0	315	320	200	45	110
28,0	—	—	—	20,0	—	—	—	370	400	236	38	80
40,0	—	—	—	28,0	—	—	—	370	400	236	38	80
—	20,0	14,0	10,0	—	20,0	14,0	10,0	370	400	236	55	110
—	28,0	20,0	14,0	—	28,0	20,0	14,0	370	400	236	55	110
55,0	—	—	—	40,0	—	—	—	440	530	280	55	110
75,0	—	—	—	55,0	—	—	—	440	530	280	55	110
—	40,0	28,0	20,0	—	40,0	28,0	20,0	440	530	280	65	140
—	55,0	40,0	28,0	—	55,0	40,0	28,0	440	530	280	65	140
100,0	—	—	—	75,0	—	—	—	525	650	335	55	110
—	—	—	—	100,0	—	—	—	525	650	335	55	110
—	75,0	55,0	40,0	—	75,0	55,0	40,0	525	650	335	75	140
—	100,0	75,0	55,0	—	100,0	75,0	55,0	525	650	335	75	140

Таблица 7-29. **Установочные размеры электродвигателей защищенного исполнения, на лапах без фланца**



Номинальная мощность двигателя, *квт*, при скорости вращения (синхр.), *об/мин*				Установочные размеры, *мм*				
3000	1500	1000	750	B_1	B_4	B_5	H	L
1,0 1,7	0,6 1	— —	— —	213	140	115	203	275 312
2,8 4,5	1,7 2,8	1,0 1,7	— —	263	165	143	285	347 388
7 10	4,5 7,0	2,8 4,5	— —	353	220	190	382	445 495
14 20	10 14	7 10	4,5 7,0	395	280	230	465	585
28 40	20 28	14 20	10 14	460	325	265	535	690
55 75	40 55	28 40	20 28	535	380	305	645	880
100 —	75 100	55 75	40 55	630	445	360	750	1010

§ 7-10. Основные каталожные данные электродвигателей до 100 *квт*

Таблицы 7-30а — д. Асинхронные двигатели единой серии мощностью до 100 *квт*

В табл. 7-30а приведены основные каталожные данные для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором, а также для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с повышенным пусковым моментом и к. з. ротором.

В табл. 7-30б приведены данные для электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с повышенным скольжением и к. з. ротором.

В табл. 7-30в приведены данные для двух-, трех- и четырехскоростных электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения с к. з. ротором, а также данные для малых однофазных и трехфазных электродвигателей закрытого обдуваемого исполнения.

В табл. 7-30г приведены данные для малых коллекторных универсальных электродвигателей и малых электродвигателей постоянного тока.

В табл. 7-30д приведены данные для двигателей новой единой серии А2 и АО2 с к. з. ротором.

Таблица 7-30а

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × × ширина)	Вес 1), *кг* (при исполнении ЩС)
Защищенные, чугунная (А) или алюминиевая (АЛ) оболочка, с к. з. ротором, 3000 *об/мин*				
А31-2	1	127÷500	90×170	17,0
А32-2	1,7		120×170	24,0
А41-2; АЛ41-2	2,8		110×120	34,0/23
А42-2; АЛ42-2	4,5		150×210	42/30,5
А51-2; АЛ51-2	7		150×285	70/50
А52-2; АЛ52-2	10		200×285	91,0/66
А61-2	14	220÷500	320×315	130
А62-2	20		320×315	145
А71-2	28		400×370	210
А72-2	40		400×370	235
А81-2	55		530×440	370
А82-2	75		530×440	415
А91-2	100		650×525	605
То же, 1500 *об/мин*				
А31-4	0,6	127÷500	90×170	17,0
А32-4	1		120×170	24

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ×ширина)	Вес [1]), *кг* (при исполнении Щ2)
А41-4; АЛ41-4	1,7	127÷500	110×210	34/22
А42-4; АЛ42-4	2,8		150×210	42/29,5
А51-4; АЛ51-4	4,5		150×285	70/48
А52-4; АЛ52-4	7		200×285	91/64,5
А61-4	10	220÷500	320×315	125
А62-4	14		320×315	140
А71-4	20		400×370	205
А72-4	28		400×370	230
А81-4	40		530×440	360
А82-4	55		530×440	400
А91-4	75		650×525	590
А92-4	100		650×525	665
То же, 1000 *об/мин*				
А41-6; АЛ41-6	1,0	127÷500	110×210	34/21,5
А12-6; АЛ42-6	1,7		150×210	42/29
А51-6; АЛ51-6	2,8		150×285	70/47
А52-6; АЛ52-6	4,5		200×285	91/63
А61-6	7,0	220÷500	320×315	125
А62-6	10,0		320×315	140
А71-6	14,0		400×370	205
А72-6	20,0		400×370	230
А81-6	28,0		530×440	360
А82-6	40,0		530×440	400
А91-6	55		650×525	590
А92-6	75		650×525	665
То же, 750 *об/мин*				
А61-8	4,5	220÷500	320×315	125
А62-8	7,0		320×315	140
А71-8	10		400×370	205
А72-8	14		400×370	230
А81-8	20		530×440	360
А82-8	28		530×440	400
А91-8	40		650×525	590
А92-8	55		650×525	665

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ×ширина)	Вес 1), *кг* (при исполнении Ш2)
Закрытые обдуваемые, чугунная (А) или алюминиевая (АЛ) оболочка, с к. з. ротором, 3000 *об/мин*				
АО31-2; АОЛ31-2	0,6	127÷500	90×170	21,0/12,5
АО32-2; АОЛ32-2	1,0		120×170	27,0/16,5
АО41-2; АОЛ41-2	1,7		110×210	37/24
АО42-2; АОЛ42-2	2,8		150×210	45/31,5
АО51-2; АОЛ51-2	4,5		150×285	80/52
АО52-2; АОЛ52-2	7,0		200×285	100/68
АО62-2	10	220÷500	320×315	180
АО63-2	14		320×315	190
АО72-2	20		400×370	280
АО73-2	28		400×370	310
АО82-2	40		530×440	500
АО83-2	55		530×440	560
АО93-2	75		650×525	820
АО94-2	100		650×525	905
То же, 1500 *об/мин*				
АО31-4; АОЛ31-4	0,6	127÷500	90×170	21/12,5
АО32-4; АОЛ32-4	1,0		120×170	27/16,5
АО41-4; АОЛ41-4	1,7		110×210	37/23,5
АО42-4; АОЛ42-4	2,8		150×210	45/31,0
АО51-4; АОЛ51-4	4,5		150×285	80/50,5
АО52-4; АОЛ52-4	7,0		200×285	100/67,0
АО62-4	10	220÷500	320×315	165
АО63-4	14		320×315	180
АО72-4	20		400×370	280
АО73-4	28		400×370	310
АО82-4	40		530×440	495
АО83-4	55		530×440	555
АО93-4	75		650×525	805
АО94-4	100		650×525	890

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ×ширина)	Вес 1), *кг* (при исполнении ЦЗ)
То же, 1000 *об/мин*				
АО41-6; АОЛ41-6	1,0	127÷500	110×210	37/23
АО42-6; АОЛ42-6	1,7		150×210	45/30,5
АО51-6; АОЛ51-6	2,8		150×285	80/49,5
АО52-6; АОЛ52-6	4,5		200×285	100/65,5
АО62-6	7,0	220÷500	320×315	165
АО63-6	10		320×315	180
АО72-6	14		400×370	280
АО73-6	20		400×370	310
АО82-6	28		530×440	495
АО83-6	40		530×440	555
АО93-6	55		650×525	805
АО94-6	75		650×525	890
То же, 750 *об/мин*				
АО62-8	4,5	220÷500	320×315	165
АО63-8	7,0		320×315	180
АО72-8	10		400×370	280
АО73-8	14		400×370	310
АО82-8	20		530×440	495
АО83-8	28		530×440	555
АО93-8	40		650×525	805
АО94-8	55		650×525	890
Защищенные, с повышенным пусковым моментом, с к. з. ротором, 1500 *об/мин*				
АП61-4	10	220÷500	320×315	125
АП62-4	14		320×315	140
АП71-4	20		400×370	205
АП72-4	28		400×370	230
АП81-4	40		530×440	360
АП82-4	55		530×440	400
АП91-4	75		650×525	590
АП92-4	100		650×525	665
То же, 1000 *об/мин*				
АП61-6	7	220÷500	320×315	125
АП62-6	10		320×315	140
АП71-6	14		400×370	205
АП72-6	20		400×370	230
АП81-6	28		530×440	360
АП82-6	40		530×440	400
АП91-6	55		650×525	590
АП92-6	75		650×525	665

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ×ширина)	Вес 1), *кг* (при исполнении ЦЦ2)
То же, 750 *об/мин*				
АП61-8	4,5	220÷500	320×315	125
АП62-8	7,0		320×315	140
АП71-8	10,0		400×370	205
АП72-8	14,0		400×370	230
АП81-8	20,0		530×440	360
АП82-8	28,0		530×440	400
АП91-8	40,0		650×525	590
АП92-8	55,0		650×525	665
Закрытые обдуваемые, с повышенным пусковым моментом, с к. з. ротором, 1500 *об/мин*				
АОП41-4	1,7	127÷500	110×210	37
АОП42-4	2,8		150×210	45
АОП51-4	4,5		150×285	80
АОП52-4	7,0		200×285	100
АОП62-4	10,0	220÷500	320×315	165
АОП63-4	14,0		320×315	180
АОП72-4	20,0		400×370	280
АОП73-4	28,0		400×370	310
АОП82-4	40,0		530×440	495
АОП83-4	55,0		530×440	555
АОП93-4	75,0		650×525	805
АОП94-4	100,0		650×525	890
То же, 1000 *об/мин*				
АОП41-6	1,0	127÷500	110×210	37
АОП42-6	1,7		150×210	45
АОП51-6	2,8		150×285	80
АОП52-6	4,5		200×285	100
АОП62-6	7,0	220÷500	320×315	165
АОП63-6	10,0		320×315	180
АОП72-6	14,0		400×370	280
АОП73-6	20,0		400×370	310
АОП82-6	28,0		530×440	495
АОП83-6	40		530×440	555
АОП93-6	55		650×525	805
АОП94-6	75		650×525	890

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес [1], *кг* (при исполнении Щ2)
То же, 750 *об/мин*				
АОП62-8	4,5	220÷500	320×315	165
АОП63-8	7,0		320×315	180
АОП72-8	10,0		400×370	280
АОП73-8	14		400×370	310
АОП82-8	20		530×440	495
АОП83-8	28		530×440	555
АОП93-8	40		650×525	805
АОП94-8	55		650×525	890

Примечание к табл. 7-30а. [1]) До косой черты указан вес для исполнений А (чугунная оболочка), за косой чертой — для исполнений АЛ (алюминиевая оболочка).

Таблица 7-30б

Тип	$P_н$		s, %	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг* (при исполнении Щ2)
	квт	при % ПВ				
Защищенные, с повышенным скольжением, с к. з. ротором, 1500 *об/мин*						
АС61-4	10	60	12	220÷500	320×315	125
АС62-4	14	35	10		320×315	140
АС71-4	20	25	8		400×370	205
АС72-4	28	20	9		400×370	230
АС81-4	40	20	9		530×440	360
АС82-4	55	15	8		530×440	400
АС91-4	75	15	8		650×525	590
АС92-4	100	15	8		650×525	665
То же, 1000 *об/мин*						
АС61-6	7	40	13	220÷500	320×315	125
АС62-6	10	25	13		320×315	140
АС71-6	14	35	13		400×370	205
АС72-6	20	25	12		400×370	230
АС81-6	28	20	11		530×440	360
АС82-6	40	20	10		530×440	400
АС91-6	55	15	10		650×525	590
АС92-6	75	15	9		650×525	665
То же, 750 *об/мин*						
АС61-8	4,5	80	11	220÷500	320×315	125
АС62-8	7,0	40	11		320×315	140
АС71-8	10	30	13		400×370	205
АС72-8	14	20	13		400×370	230
АС81-8	20	20	12		530×440	360
АС82-8	28	15	11		530×440	400
АС91-8	40	15	11		650×525	590
АС92-8	55	15	11		650×525	665

Продолжение

Тип	$P_н$		s, %	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг* (при исполнении Щ2)
	квт	при % ПВ				
Закрытые обдуваемые, с повышенным скольжением, с к. з. ротором, 3000 *об/мин*						
АОС31-2	0,6	100	8		90×170	21
АОС32-2	1,0	100	8		120×170	27
АОС41-2	1,7	100	9	220÷500	110×210	37
АОС42-2	2,8	50	10		150×210	45
АОС51-2	4,5	40	10		150×285	80
АОС52-2	7,0	30	10		200×285	100
То же, 1500 *об/мин*						
АОС31-4	0,6	100	13		90×170	21
АОС32-4	1,0	100	13		120×170	27
АОС41-4	1,7	60	13		110×210	37
АОС42-4	2,8	25	13		150×210	45
АОС51-4	4,5	25	11		150×285	80
АОС52-4	7,0	25	11		200×285	100
АОС62-4	10,0	40	10		320×315	165
АОС63-4	14	40	10	220÷500	320×315	180
АОС72-4	20	40	10		400×370	280
АОС73-4	28	30	9		400×370	310
АОС82-4	40	25	8		530×440	495
АОС83-4	55	25	7		530×440	555
АОС93-4	75	20	7		650×525	805
АОС94-4	100	15	7		650×525	890
То же, 1000 *об/мин*						
АОС41-6	1,0	100	14		110×210	37
АОС42-6	1,7	60	14		150×210	45
АОС51-6	2,8	35	13		150×285	80
АОС52-6	4,5	30	11		200×285	100
АОС62-6	7	60	10		320×315	165
АОС63-6	10	45	10		320×315	180
АОС72-6	14	35	10	220÷500	400×370	280
АОС73-6	20	30	10		400×370	310
АОС82-6	28	25	9		530×440	495
АОС83-6	40	20	9		530×440	555
АОС93-6	55	20	9		650×525	805
АОС94-6	75	20	9		650×525	890
То же, 750 *об/мин*						
АОС62-8	4,5	75	8		320×315	165
АОС63-8	7,0	60	10		320×315	180
АОС72-8	10,0	45	12		400×370	280
АОС73-8	14	35	12	220÷500	400×370	310
АОС82-8	20	30	11		530×440	495
АОС83-8	28	25	10		530×440	555
АОС93-8	40	25	10		650×525	805
АОС94-8	55	25	10		650×525	890

Таблица 7-30в

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$M_н$ на валу, *кГ · м*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг*
Двухскоростные, защищенные, с к. з. ротором, 750/1500 *об/мин*					
А61-8/4	3,5/5,5	3,8/3,4	220÷500	320 × 315	125
А62-8/4	5/7	6,8/4,7		320 × 315	140
А71-8/4	7/10	9,4/6,7		400 × 370	205
А72-8/4	10/14	13,5/9,4		400 × 370	230
А81-8/4	14/20	18,5/13,5		530 × 440	360
А82-8/4	20/28	26,5/18,5		530 × 440	400
А91-8/4	28/40	37/26,5		650 × 525	590
А92-8/4	40/55	53/36,5		650 × 525	665
То же, 500/1000 *об/мин*					
А61-12/6	2/3,5	4,2/3,5	220÷500	320 × 315	125
А62-12/6	3/5	6,2/5,2		320 × 315	140
А71-12/6	4,5/7	9,2/7		400 × 370	205
А72-12/6	6,5/10	13,5/10		400 × 370	230
А81-12/6	9/14	18,5/14		530 × 440	360
А82-12/6	12,5/20	25,5/20,5		530 × 440	400
А91-12/6	18/28	36/28		650 × 525	590
А92-12/6	25/40	50/40		650 × 525	665
Трехскоростные, защищенные, с к. з. ротором, 750/1000/1500 *об/мин*					
А61-8/6/4	2,5/3/3,5	3,5/3,1/2,4	220÷500	320 × 315	125
А62-8/6/4	3,5/4,5/5	4,8/4,6/3,5		320 × 315	140
А71-8/6/4	5/6,5/7	7/6,6/4,8		400 × 370	205
А72-8/6/4	7/9/10	9,5/9,2/7		400 × 370	230
А81-8/6/4	10/12,5/14	13,5/12,5/9,5		530 × 440	360
А82-8/6/4	14/18/20	19/18/13,5		530 × 440	400
А91-8/6/4	20/25/28	27/25/19		650 × 525	590
А92-8/6/4	28/36/40	38/36/27		650 × 525	665
Четырехскоростные, защищенные, с к. з. ротором, 500/750/1000/1500 *об/мин*					
А61-12/8/6/4	1,3/2/2,5/3	2,7/2,7/2,7/2	220÷500	320 × 315	125
А62-12/8/6/4	1,7/2,4/3,2/4	3,6/3,3/3,4/2,8		320 × 315	140
А71-12/8/6/4	3/4/5/6,5	6,2/5,5/5,2/4,4		400 × 370	205
А72-12/8/6/4	4/6/7/9	8,3/8,2/7,3/6,1		400 × 370	230
А81-12/8/6/4	6/8,5/10/12,5	12,5/11,5/10/8,5		530 × 440	360
А82-12/8/6/4	8/11/14/18	17,5/15/14,5/12		530 × 440	400
А91-12/8/6/4	12/17/20/25	24,5/23/20,5/17		650 × 525	590
А92-12/8/6/4	15/24/28/36	35/32,5/28,5/24		650 × 525	665
Двухскоростные, закрытые обдуваемые, с к. з. ротором, 1500/3000 *об/мин*					
АО31-4/2	0,45/0,6	0,3/0,2	220÷500	90 × 170	21
АО32-4/2	0,75/1,0	0,52/0,34		120 × 170	27
АО41-4/2	1,3/1,7	0,9/0,58		110 × 210	37
АО42-4/2	2,1/2,8	1,45/0,95		150 × 210	45
АО51-4/2	3,2/4,2	2,35/1,55		150 × 285	80
АО52-4/2	5,2/6,5	3,5/2,2		200 × 285	100

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$M_н$ на валу, *кГ · м*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг*
То же, 1000/1500 *об/мин* (постоянный момент вращения)					
АО41-6/4	0,6/1,0	0,62/0,68	220÷500	110 × 210	37
АО42-6/4	1/1,7	1,0/1,15		150 × 210	45
АО51-6/4	1,7/2,8	1,75/1,9		150 × 285	80
АО52-6/4	2,8/4,5	2,8/3,0		200 × 285	100
То же, постоянная мощность					
АО41-6/4	0,8	0,85/0,55	220÷500	110 × 210	37
АО42-6/4	1,3	1,35/0,88		150 × 210	45
АО51-6/4	2,1	2,15/1,4		150 × 285	80
АО52-6/4	3,2	3,25/2,12		200 × 285	100
Двухскоростные, закрытые обдуваемые, с к. з. ротором, 750/1500 *об/мин*					
АО62-8/4	3,5/5	4,8/3,4	220÷500	320 × 315	165
АО63-8/4	5/7	6,8/4,7		320 × 315	180
АО72-8/4	7/10	9,4/6,7		400 × 370	280
АО73-8/4	10/14	13,5/9,4		400 × 370	310
АО82-8/4	14/20	18,5/13,5		530 × 440	495
АО83-8/4	20/28	26,5/18,5		530 × 440	555
АО93-8/4	28/40	37/26,5		650 × 525	805
АО94-8/4	40/55	53/36,5		650 × 525	890
То же, 500/1000 *об/мин*					
АО62-12/6	2/3,5	4,2/3,5	220÷500	320 × 315	165
АО63-12/6	3/5	6,2/5,2		320 × 315	180
АО72-12/6	4,5/7	9,2/7,0		400 × 370	280
АО73-12/6	6,5/10	13,5/10		400 × 370	310
АО82-12/6	9/14	18,5/14		530 × 440	495
АО83-12/6	12,5/20	25,5/20,5		530 × 440	555
АО93-12/6	18/28	36/28		650 × 525	805
АО94-12/6	25/40	50/40		650 × 525	890
Трехскоростные, закрытые обдуваемые, с к. з. ротором, 1000/1500/3000 *об/мин*					
АО41-6/4/2	0,6/0,75/1,0	0,62/0,5/0,34	220÷500	110 × 210	37
АО42-6/4/2	1/1,3/1,7	1/0,88/0,58		150 × 210	45
АО51-6/4/2	1,7/2,1/2,8	1,72/1,4/0,95		150 × 285	80
АО52-6/4/2	2,8/3,5/4,5	2,8/2,3/1,5		200 × 285	100
То же, 750/1000/1500 *об/мин*					
АО62-8/6/4	2,5/3/3,5	3,5/3,1/2,4	220÷500	320 × 315	165
АО63-8/6/4	3,5/4,5/5	4,8/4,8/3,5		320 × 315	180
АО72-8/6/4	5/6,5/7,0	7/6,6/4,8		400 × 370	280
АО73-8/6/4	7/9/10	9,5/9,2/7		400 × 370	310
АО82-8/6/4	10/12,5/14	13,5/12,5/9,5		530 × 440	495
АО83-8/6/4	14/18/20	19/18/13,5		530 × 440	555
АО93-8/6/4	20/25/28	27/25/19		650 × 525	805
АО94-8/6/4	28/36/27	38/36/27		650 × 525	890

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$M_н$ на валу, *кГ · м*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг*
Четырехскоростные, закрытые обдуваемые, с к. з. ротором, 500/750/1000/1500 *об/мин*					
АО62-12/8/6/4	1,3/2/2,5/3	2,7/2,7/2,7/2	220÷500	320 × 315	165
АО63-12/8/6/4	2/3/3,5/4,5	4,2/4,1/3,7/3,1		320 × 315	180
АО72-12/8/6/4	3/4/5/6,5	6,2/5,5/5,2/4,4		400 × 370	280
АО73-12/8/6/4	4/6/7/9	8,3/8,2/7,3/6,1		400 × 370	310
АО82-12/8/6/4	6/8,5/10/12,5	12,5/11,5/10/8,5		530 × 440	495
АО83-12/8/6/4	8,5/11/14/18	17,5/15/14,5/12		530 × 440	555
АО93-12/8/6/4	12/17/20/25	24,5/23/20,5/17		650 × 525	805
АО94-12/8/6/4	17/24/28/36	35/32,5/28,5/24		650 × 525	890
Малые, трехфазные, закрытые обдуваемые, алюминиевая оболочка, с к. з. ротором, 3000 *об/мин*					
АОЛО11-2	0,08	0,012	127÷380	85 × 90	3,1
АОЛО12-2	0,120	0,014		85 × 90	3,6
АОЛ11-2	0,180	0,022		100 × 105	4,9
АОЛ12-2	0,270	0,026		100 × 105	5,7
АОЛ21-2	0,400	0,052		120 × 130	7,6
АОЛ22-2	0,600	0,064		120 × 130	9,2
То же, 1500 *об/мин*					
АОЛО11-4	0,050	0,0012	127÷380	85 × 90	3,0
АОЛО12-4	0,080	0,0014		85 × 90	3,5
АОЛ11-4	0,120	0,0022		100 × 105	4,7
АОЛ12-4	0,180	0,0026		100 × 105	5,6
АОЛ21-4	0,270	0,0052		120 × 130	7,3
АОЛ22-4	0,4	0,0064		120 × 130	8,9
То же, однофазные, сопротивление в пусковой фазе, 3000 *об/мин*					
АОЛБО11-2	0,030	0,0012	127÷380	85 × 90	3,1
АОЛБО12-2	0,050	0,0014		85 × 90	3,5
АОЛБ11-2	0,08	0,0022		100 × 105	4,9
АОЛБ12-2	0,120	0,0026		100 × 105	5,8
АОЛБ21-2	0,180	0,0052		120 × 130	7,5
АОЛБ22-2	0,270	0,0064		120 × 130	9,1
АОЛБ31-2	0,400	0,0100		90 × 170	12
АОЛБ32-2	0,600	0,0160		120 × 170	16
То же, 1500 *об/мин*					
АОЛБО11-4	0,018	0,0012	127÷380	85 × 90	3,0
АОЛБО12-4	0,03	0,0014		85 × 90	3,5
АОЛБ11-4	0,05	0,0022		100 × 105	4,7
АОЛБ12-4	0,08	0,026		100 × 105	5,6
АОЛБ21-4	0,12	0,052		120 × 130	7,3
АОЛБ22-4	0,18	0,064		120 × 130	8,8
АОЛБ31-4	0,27	0,150		90 × 170	12
АОЛБ32-4	0,40	0,210		120 × 170	16

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$M_н$ на валу, *кГ · м*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина×ширина)	Вес, *кг*
Малые, однофазные, закрытые обдуваемые, чугунная оболочка, сопротивление в пусковой фазе, 3000 *об/мин*					
АОБ31-2	0,4	0,01	127÷380	90 × 170	21
АОБ32-2	0,6	0,016		120 × 170	27
То же, 1500 *об/мин*					
АОБ31-4	0,27	0,015	127÷380	90 × 170	21
АОБ32-4	0,4	0,021		120 × 170	27

Таблица 7-30г

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина× × ширина)	Вес, *кг*
Малые, коллекторные универсальные, 8000 *об/мин*				
УЛО2	0,01	110 и 220 пост. тока	40 × 38	0,44
УЛО3	0,018	127 и 220 перем. тока	48 × 44	0,66
УЛО41	0,03	110 и 220 пост. тока	55 × 55	1,15
УЛО42	0,05	127 и 220 перем. тока	55 × 55	1,4
УЛО51	0,08	110 и 220 пост. тока	72 × 76	2,1
УЛО52	0,12	127 и 220 перем. тока	72 × 76	2,6
УЛО61	0,18	110 и 220 пост. тока	85 × 90	3,7
УЛО62	0,27	127 и 220 перем. тока	85 × 90	4,4
УЛО71	0,4	110 и 220 пост. тока	100 × 105	5,8
УЛО72	0,6	127 и 220 перем. тока	100 × 105	7,0
То же, 5000 *об/мин*				
УЛО2	0,05	110 и 220 пост. тока	40 × 38	0,44
УЛО3	0,01	127 и 220 перем. тока	48 × 44	0,66
УЛО41	0,018	110 и 220 пост. тока	55 × 55	1,15
УЛО42	0,03	127 и 220 перем. тока	55 × 55	1,40
УЛО51	0,05	110 и 220 пост. тока	72 × 76	2,1
УЛО52	0,08	127 и 220 перем. тока	72 × 76	2,6
УЛО61	0,12	110 и 220 пост. тока	85 × 90	3,8
УЛО62	0,18	127 и 220 перем. тока	85 × 90	4,5
УЛО71	0,27	110 и 220 пост. тока	100 × 105	5,9
УЛО72	0,40	127 и 220 перем. тока	100 × 105	7,1

Продолжение

Тип	$P_н$ на валу, *квт*	$U_н$, *в*	Установочные размеры, *мм* (длина × ширина)	Вес, *кг*
		То же, 2700 *об/мин*		
УЛО41	0,005	110 и 220 пост. тока	55 × 55	1,15
УЛО42	0,01	127 и 220 перем. тока	55 × 55	1,4
УЛО51	0,018	110 и 220 пост. тока	72 × 76	2,1
УЛО52	0,03	127 и 220 перем. тока	72 × 76	2,6
УЛО61	0,05	110 и 220 пост. тока	85 × 90	3,9
УЛО62	0,08	127 и 220 перем. тока	85 × 90	4,6
УЛО71	0,12	110 и 220 пост. тока	100 × 105	6,1
УЛО72	0,18	127 и 220 перем. тока	100 × 105	7,4
УЛО81	0,27	110 и 220 пост. тока	120 × 130	9,5
УЛО82	0,40	127 и 220 перем. тока	120 × 130	12,6
		Малые, постоянного тока, 2700 *об/мин*		
ПЛО51	0,03		72 × 76	2,1
ПЛО52	0,05		72 × 76	2,6
ПЛО61	0,08		85 × 90	3,7
ПЛО62	0,12	110 и 220	85 × 90	4,5
ПЛО71	0,18		100 × 105	5,9
ПЛО72	0,27		100 × 105	7,3
ПЛО81	0,40		120 × 130	9,3
ПЛО82	0,60		120 × 130	12,5
		То же, 1400 *об/мин*		
ПЛО61	0,05		85 × 90	3,8
ПЛО62	0,08		85 × 90	4,5
ПЛО71	0,12		100 × 105	6,1
ПЛО72	0,18	110 и 220	100 × 105	7,5
ПЛО81	0,27		120 × 130	9,5
ПЛО82	0,40		120 × 130	12,6

Двигатели новой единой серии А2 и АО2 с коротко замкнутым ротором, приведенные в табл. 7-30д, в настоящее время осваиваются (взамен серии А и АО). Намечены исполнения: с повышенным пусковым моментом; с повышенным скольжением; текстильные; с фазным ротором; многоскоростные; малошумные; встраиваемые; с встроенным электромагнитным тормозом; тропические; влагостойкие; морозостойкие; химостойкие; для сетей 60, 100, 200 и 400 *гц*; телеграфные; нормальные рудничные; с редуктором.

Таблица 7-30д

Габарит	Размер	Защищенные А2					Закрытые обдуваемые АО2				
		Скорость вращения, *об/мин*									
		3000	1500	1000	750	600	3000	1500	1000	750	600
1	11	—	—	—	—	—	0,8	0,6	0,4	—	—
1	12	—	—	—	—	—	1,1	0,8	0,6	—	—
2	21	—	—	—	—	—	1,5	1,1	0,8	—	—
2	22	—	—	—	—	—	2,2	1,5	1,1	—	—
3	31	—	—	—	—	—	3,0	2,2	1,5	—	—
3	32	—	—	—	—	—	4,0	3,0	2,2	—	—
4	41	—	—	—	—	—	5,5	4,0	3,0	2,2	—
4	42	—	—	—	—	—	7,5	5,5	4,0	3,0	—
5	51	—	—	—	—	—	10	7,5	5,5	4,0	—
5	52	—	—	—	—	—	13	10	7,5	5,5	—
6	61	17	13	10	7,5	—	—	13	10	7,5	—
6	62	22	17	13	10	—	17	17	13	10	—
7	71	30	22	17	13	—	22	22	17	13	—
7	72	40	30	22	17	—	30	30	22	17	—
8	81	55	40	30	22	17	40	40	30	22	17
8	82	75	55	40	30	22	55	55	40	30	22
9	91	100	75	55	40	30	75	75	55	40	30
9	92	125	100	75	55	40	100	100	75	55	40

Таблица 7-31. **Универсальные коллекторные двигатели** [1]

Тип	$P_н$, *вт*		$U_н$, *в* [2]	$n_н$, *об/мин*	Размеры (длина×ширина×высота), *мм*	Вес, *кг*
	пост. тока	перем. тока				
УМТ-11	5	5	110/127	3000	153×110× 92	1,5
УМТ-12	10	10	110/127	2000	190×110× 92	2
УМТ-12С	10	10	110/127	2000	190×110×⌀83	2
УМТ-21	25	25	110/127	1800	204×140×120	3,5
УМТ-22	55	55	110/127	2500	240×140×120	4,5
УМТ-22СТ-1	55	55	110/127	2500	240×140×⌀113	4,5
УМТ-22СТ-2	55	55	220/220	2500	240×140×⌀113	4,5
МУН-1	100	80	110	2200	220×140×120	4,5
МУН-1С	100	80	110	2200	244×140×120	4,5
МУН-2	100	80	220	2200	220×140×120	4,5
МУН-2С	100	80	220	2200	244×140×120	4,5
ДТА-40 [3]	40	40	85/90—95	3000	—	—

Примечания к табл. 7-31. [1] Двигатели УМТ-11, МУН-1, МУН-2, МУН-2С — с одним концом вала, остальные с двумя; УМТ-12С, УМТ-22СТ-1 и УМТ-22СТ-2 отличаются от УМТ-12 и УМТ-22 отсутствием подставки и доски зажимов. [2] Для двигателей УМТ и ДТА напряжение до черты — постоянного, за чертой — переменного тока. [3] ДТА-40 служит для привода телеграфных аппаратов.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 7-11. Формы исполнения, нагрев и сопротивление изоляции машин

Таблица 7-32. **Типы электрических машин по формам исполнения**

Форма исполнения		Асинхронные		Синхронные	Постоянного тока	Универсальные
		с к. з. ротором	с фазным ротором			
Защищенные	До 100 *квт*	—	—	—	МПЛ	УВ-041-Ш
	свыше 100 *квт*	ДА	АТ; ДАФ; А	СДН; СДП; СДК; СМ; ДС; ГСД; МС-320; МСД; ДА; ДСК	П; ПБК; МП; ГП; ГПН; ДП	—
Открытые	До 100 *квт*	А; АП; АС; А двух-, трех- и четырехскоростные; И-6; АЛШ; АШ; Т; ФТ	АК	ЕС; ГС; СГС-6,25; ЧС-7; СГ	П; ПН; П-100; МП-540; ДУ-40	УЛ
	свыше 100 *квт*	А; АТД; ДАД; ДАМСО; ДАМ6, ДДП	АК; АФН	АС; ГС; ГСГ; ГСД; ДА; ДСР	П; ПН; МП-11 [1]; МП-12 [1]; МП-14 [1]; МП-540; ПБК; П-100	—

Продолжение

Форма исполнения		Асинхронные		Синхронные	Постоянного тока	Универсальные
		с к. з. ротором	с фазным ротором			
Каплезащищенные	До 100 *квт*	МАД	МАД	МСА	—	УЛ
	свыше 100 *квт*	МАД	МАД	—	—	—
Брызгозащищенные	До 100 *квт*	ДАМВ; МР; МРК	ФАМСО; АМВЭ	аПН; аПНТ	КГ	—
	свыше 100 *квт*	ДАМВ	—	—	—	—
Закрытые	До 100 *квт*	АР; АРП; АРФ; МАГ-ГА; ДРК-627; АТТ; ТТ; ДДП	—	АС-032	МПБ; ГП [2]; ГПН [2]; ДК; ДКВ-2; ДПМ-2; ПНЗ-Т; КПДН [3]; МП [3]	—
	свыше 100 *квт*	АТД; тАВ-0012-Н	—	СДП; СДС; СТМ; ДСЗ; ГСЗ	МПВ [2]; МП [3]	—
Закрытые продуваемые	До 100 *квт*	ДАМВТ; АОШ; АОЛШ	—	—	—	—
	свыше 100 *квт*	А; АТД; АТМ; ДАЗ; АТК; ДДП; ДАМ6; ДАМСО	АК; ДАФЗ; АТ; ФАМСО	МС-320; ДСП	ПБК; ДПП; МП [3]	—

Продолжение

Форма исполнения		Асинхронные		Синхронные	Постоянного тока	Универсальные
		с к. з. ротором	с фазным ротором			
Закрытые обдуваемые	До 100 *квт*	АО; АОП; АОС; АО двух-, трех- и четырехскоростные; АОТ; АОЛ; АОЛБ; АОЛ; АОЛБ; АОБ; АОЭ; ДАМВТ; АОЛШ; АОШ; МД; МТК [3])	ДТ-75; МТ [3]); ТВ [3])	РО-42	—	—
	свыше 100 *квт*	АО; ДАЗО; МДУ	МТ [3])	—	—	—
Взрывозащищенные	До 100 *квт*	МАД; К; КО; КОФ; КФ; МА-35; МА-140; МА-36; ТАГ; КОМ; ЭДК; МА-191; ВАД; ВАДЛ	МАРП; МА-140; МА-36	—	ЭРД-10; ДК-800АМ	—
	свыше 100 *квт*	МА-35; МА-36; ДСКП; АТД; ЭДК	МАРП	—	—	—
Водозащищенные	До 100 *квт*	МАПЗ; ПЗД; МРЗ; МРЗК	—	—	ПНЗ; Т	—

Примечания к табл. 7-32. [1]) Также с принудительной вентиляцией. [2]) С принудительной вентиляцией. [3]) Крановые.

Таблица 7-33. Предельные допустимые превышения температуры частей электрических машин
(ГОСТ 683-55)

№ по пор.	Части машин	Изоляционный материал класса А [4]		Изоляционный материал класса В [4]		
		При измерении методом				
		термометра	сопротивления	термометра	сопротивления	заложенных и встраиваемых температурных детекторов при укладке их между катушками в одном пазу
		Превышения температуры, °С (не более)				
1 [1]	Обмотки переменного тока синхронных и асинхронных машин мощностью 5000 *ква* и выше или с длиной сердечника 1 *м* и более [1]	—	—	—	80	85
2 [2, 3]	а) Обмотки переменного тока машин мощностью менее 5000 *ква* и с длиной сердечника менее 1 *м*	60	65	75	85	—
	б) Обмотки возбуждения (многослойные) машин постоянного и переменного тока с возбуждением постоянным током, кроме указанных в пп. 3 и 4					
	в) Якорные обмотки, соединенные с коллектором .	60	65	75	85	—
3	а) Однорядные обмотки возбуждения	70	70	95	95	—
	б) Стержневые обмотки роторов асинхронных машин при числе стержней в пазу не больше двух . .	—	70	—	95	—
4 [2]	Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев, и компенсационные обмотки	65	65	85	85	—
5	Изолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	65	—	85	—	—

Продолжение

№ по пор.	Части машин	Изоляционный материал класса А [4]	Изоляционный материал класса В [4]				
		При измерении методом					
		термометра	сопротивления	термометра	сопротивления	заложенных и встраиваемых температурных детекторов при укладке их между катушками в одном пазу	
		Превышения температуры, °С (не более)					
6	Неизолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	Превышение температуры этих частей не должно достигать значений, которые создавали бы опасность повреждения изолирующих или других смежных материалов					
7	Стальные сердечники и другие части, не соприкасающиеся с обмотками						
8	Стальные сердечники и другие части, соприкасающиеся с обмотками	65° С, если изоляционный материал обмоток класса А, и 85° С, если изоляционный материал обмоток класса В и при этом для изоляции листов активной стали применен соответствующий лак					
9	Контактные кольца как защищенные, так и незащищенные	70	—	90	—	—	
10	Коллекторы	65	—	85	—	—	

Примечания к табл. 7-33. [1]) Для обмоток синхронных машин на номинальное напряжение больше 11 000 *в* предельные допустимые превышения температур должны быть снижены на 1° С на каждые 1000 *в* сверх 11 000 *в*. [2]) Одновременного измерения превышения температуры по методу термометра и методу сопротивления не требуется. Если в дополнение к значениям, полученным по методу сопротивления, желательно иметь отсчет по термометру (или встраиваемому температурному детектору), то допускаемое превышение температуры по термометру (или встраиваемому температурному детектору), помещенному в наиболее горячую точку, не должно превышать 70° С, когда обмотка изолирована материалами класса А, и 90° С, когда обмотка изолирована материалами класса В. [3]) Указанные для этих обмоток пределы превышений температуры, измеренные методом сопротивления, для закрытых машин на напряжения не свыше 1500 *в*, допускается повышать на 5° С. [4]) Указание класса изоляционного материала относится к изоляции обмотки, соединяемой с коллектором.

Таблица 7-34. Наименьшие допустимые величины сопротивления изоляции обмоток машин

Машины или их части	Наименьшая допустимая величина сопротивления изоляции [1])
Все машины	$R_{из} = \frac{U}{1000 + 0{,}01\,P}$
Статоры машин переменного тока ВН	1 *Мом/кв*
Статоры машин переменного тока НН	0,5 *Мом*
Якоря машин постоянного тока напряжением до 750 *в* включительно	1 *Мом/кв*
Электродвигатели 3 *кв* и выше:	
статоры	1 *Мом*
роторы	0,2 *Мом*
Роторы машин переменного тока	1 *Мом/кв*, но не ниже 0,5 *Мом*

Примечание к табл. 7-34. [1]) $R_{из}$ — сопротивление изоляции, *Мом*; U — номинальное напряжение обмотки, *в*; P — мощность машины, *ква*.

§ 7-12. Конструктивные формы, охлаждение и области применения электрических машин

Таблица 7-35. Конструктивные формы исполнения электродвигателей и их условные обозначения

Условное обозначение	Форма исполнения двигателя
Б	Встраиваемые электродвигатели (металлорежущие и деревообрабатывающие станки)
Щ	Со щитовыми подшипниками и горизонтальным валом. Для установки на полу, потолке или вертикальной стене
ЩС	Со щитовыми и стояковыми подшипниками, с горизонтальным валом
С	Со стояковыми подшипниками и горизонтальным валом
Ф	С фланцевым креплением и горизонтальным валом
В	С вертикальным валом

Таблица 7-36. **Виды электрических машин по способу защиты от действия окружающей среды**

Вид машины	Характеристика
а) Открытая	Без специальных приспособлений для предохранения от случайных соприкосновений с токоведущими или вращающимися частями и от попадания внутрь машины посторонних предметов
б) Защищенная	Со специальными приспособлениями, предохраняющими от случайных соприкосновений с вращающимися и токоведущими частями и от попадания внутрь машины посторонних предметов
в) Защищенная от капежа	Кроме защиты по пункту б) имеет приспособление для предохранения внутренних частей машины от попадания капель влаги, падающих отвесно
г) Защищенная от дождя и брызг	С приспособлением для предохранения от попадания внутрь машины водяных брызг, падающих под углом до 45° к вертикали с любой стороны
д) Закрытая	Внутреннее пространство отделено от внешней среды, но не настолько плотно, чтобы машину можно было считать герметической
е) Взрывобезопасная	Закрытая машина, выполненная так, что она может противостоять без повреждений взрыву газов внутри и не передает пламени воспламенившегося газа наружу
ж) Герметическая	Закрытая машина, имеющая корпус, не допускающий проникновения влаги внутрь машины при полном погружении ее в воду в течение 4 часов

Таблица 7-37. **Виды электрических машин по способам охлаждения**

Вид охлаждения машины	Характеристика
Естественное	Нет специальных приспособлений для охлаждения
Самовентиляция	Охлаждение достигается вентилятором или другим приспособлением, составляющим с вращающейся частью машины одно целое. Машины с самовентиляцией могут быть открытые, защищенные, закрытые обдуваемые или продуваемые
Обдуваемая	Имеет вентилятор на валу, обдувающий наружные части машины
С посторонним или независимым охлаждением	Охлаждающая среда (например, воздух) подается специальным вентилятором, работающим независимо от машины
Продуваемая	Закрытая машина, для которой охлаждающий воздух подводится по трубам из помещения, где размещена машина, или из другого помещения. Выброс нагретого воздуха может производиться в то же помещение, где установлена машина, или в другое помещение. Продуваемые машины выполняются с независимой вентиляцией или с самовентиляцией

Таблица 7-38. **Конструктивный тип электродвигателя в зависимости от характера окружающей среды**

Характеристика помещения	Конструктивный тип двигателя
1. Сухое отапливаемое (например, механические сборочные цехи, машинные залы)	Открытый или защищенный с нормальной изоляцией
2. Сухое неотапливаемое (например, неотапливаемые крытые склады)	Открытый или защищенный с влагостойкой изоляцией
3. Установки на открытом воздухе	Закрытые с влагостойкой изоляцией. Допускаются защищенные от брызг и капежа с влагостойкой изоляцией
4. Сырые (например, некоторые предприятия пищевой промышленности)	Защищенные от капежа с влагостойкой изоляцией
5. Пыльное:	
а) пыль или волокна, нарушающие нормальное охлаждение или вредно действующие на изоляцию (например, предприятия текстильной промышленности);	Закрытые или продуваемые с забором воздуха снаружи
б) пыль непроводящая, легко удаляемая продувкой и не оказывающая разрушительного влияния на изоляцию;	Открытый
в) пыль проводящая или горючая (например, деревообделочные предприятия)	Закрытый с нормальной изоляцией
6. Сырое и пыльное (например, котельные с ручными топками)	Закрытый с нормальной изоляцией, закрытые вентилируемые с влагостойкой изоляцией
7. С едкими парами и газами	Закрытый в герметическом исполнении, продуваемый с забором чистого воздуха снаружи и выбросом его наружу
8. Пожароопасное	Как правило, закрытые асинхронные двигатели с к. з. ротором
9. Взрывоопасное	Как правило, взрывобезопасные асинхронные двигатели с к. з. ротором

Таблица 7-39. **Ориентировочные данные по выбору системы электропривода**

Характеристика режима работы электроприводов	Система электропривода	Примеры применения
1. Нерегулируемые с редкими пусками мощностью от 60 *квт* и выше	Синхронные двигатели	Компрессоры, насосы (нерегулируемые), двигатель-генераторы, непрерывные нерегулируемые прокатные станы, крупные приводы бумажной, цементной, резиновой промышленности
2. Нерегулируемые с редкими и не очень частыми пусками небольшой и средней мощности	Асинхронные двигатели с к. з. ротором с нормальным скольжением	Центробежные насосы и вентиляторы, двигатель-генераторы, транспортеры и конвейеры, нерегулируемые приводы металлорежущих станков
3. Нерегулируемые с частыми пусками и приводы со значительными маховыми массами	Асинхронные двигатели с к. з. ротором с повышенным скольжением	Кузнечно-прессовые машины, ножницы, станки с большой частотой пусков и реверсов (например, винторезные автоматы)
4. Со ступенчатым регулированием скорости не свыше 6:1 и не слишком частыми пусками	Асинхронные двигатели с к. з. ротором и переключением числа полюсов	Металлорежущие станки малой мощности, лифты со скоростью движения до 1 *м/сек*
5. С плавным регулированием скорости в пределах до 2:1 при постоянном моменте или в пределах до 4:1 при вентиляторном моменте	Асинхронные двигатели с фазным ротором с реостатным регулированием в цепи ротора	Механизмы передвижения и подъема кранов, вспомогательные механизмы прокатных цехов, экскаваторы, вентиляторы, дымососы, насосы, требующие регулирования производительности, подъемные машины
6. С очень плавным регулированием скорости в пределах до 1:4 (вверх от основной скорости)	Двигатели постоянного тока параллельного возбуждения с питанием от сети постоянного тока неизменного напряжения	Электроприводы главного движения металлорежущих станков (токарных, расточных, карусельных)

Продолжение

Характеристика режима работы электроприводов	Система электропривода	Примеры применения
7. С высоким пусковым моментом, большим числом включений в час и регулированием скорости	Двигатели постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения, иногда с искусственными схемами соединения обмоток	Механизмы подъема и передвижения кранов большой производительности и точности, вспомогательные заводские механизмы, электрическая тяга
8. С регулированием скорости вниз от основной в пределах до 10:1 с жесткими характеристиками, с ограничением длительной работы на малой скорости	Асинхронные двигатели с фазным или к. з. ротором, с применением реакторов с подмагничиванием в цепи статора и обратных связей по скорости	Механизмы подъема кранов, питатели угольной пыли и др.
9. С широким регулированием скорости в пределах до 100:1 и более, с автоматическим регулированием скорости	Двигатели постоянного тока независимого возбуждения с питанием от отдельного генератора с регулируемым напряжением или от регулируемого ионного преобразователя, с применением электромашинных и магнитных усилителей. Для больших мощностей применяется ионное возбуждение генераторов и двигателей. Широко используются обратные связи	Реверсивные и нереверсивные прокатные станы (блюминги, слябинги, станы холодной прокатки), главные приводы и приводы подач металлорежущих станков, скоростные пассажирские лифты, бумажные машины, полиграфические ротационные машины, шахтные подъемные машины большой мощности, мощные экскаваторы и др.

Глава 7-5

ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА И РЕЛЕ АВТОМАТИКИ

§ 7-13. Рубильники и пускатели

Таблицы 7-40а и б. **Рубильники и переключатели рубящие единой серии Р, П, РБ, ПБ, РПБ, ППБ, РПЦ, ППЦ**

В обозначениях типов рубильников и переключателей буквы и цифры имеют следующий смысл:

первая буква: Р — рубильник; П — переключатель; вторая буква: Б — боковая рукоятка, П — рычажный привод; третья буква: Б — боковой

привод. Ц — центральный привод; первая цифра после буквенного обозначения указывает число полюсов; вторая цифра — $I_н$, причем 1 соответствует 100 *а*, 2 — 250 *а*, 4 — 400 *а*, 6 — 600 *а*.

Рубильники и переключатели нормально поставляются без панелей. Аппараты с центральной рукояткой поставляются без дугогасительных камер. Аппараты с боковой рукояткой, боковым и центральным рычажными приводами нормально поставляются с дугогасительными камерами. Конструкция присоединительных контактов рассчитана на присоединения не только медных, но и алюминиевых шин или проводов, оконцованных алюминиевыми наконечниками (ГОСТ 7387-55).

В табл. 7-40а приведены данные для рубильников и переключателей (двухполюсных и трехполюсных) с центральной рукояткой.

В табл. 7-40б приведены данные для рубильников и переключателей с боковой рукояткой, боковыми и центральными рычажными приводами.

Рубильники и переключатели с боковой рукояткой и с центральным рычажным приводом изготовляются только для переднего присоединения.

Таблица 7-40а

Тип		$I_н$, *а*	Переднее присоединение			Заднее присоединение		
			Размеры по фасаду, *мм*		Вес, *кг*	Размеры по фасаду, *мм*		Вес, *кг*
			ширина	высота		ширина	высота	
Рубильники	Двухполюсные							
	Р21	100	101	160	0,5	101	145	0,6
	Р22	250	116	175	1,0	116	155	1,1
	Р24	400	134	215	1,9	134	209	2,0
	Р26	600	162	260	3,1	162	225	3,4
	Трехполюсные							
	Р31	100	166	175	0,8	166	170	0,9
	Р32	250	196	190	1,4	196	180	1,7
	Р34	400	224	230	2,8	224	229	3,1
	Р36	600	272	330	4,6	272	250	4,9
Переключатели	Двухполюсные							
	П21	100	—	—	—	101	195	1,0
	П22	250	—	—	—	116	207	1,5
	П24	400	—	—	—	134	284	1,9
	П26	600	—	—	—	162	305	4,7
	Трехполюсные							
	П31	100	—	—	—	166	220	1,5
	П32	250	—	—	—	196	232	2,2
	П34	400	—	—	—	224	294	4,4
	П36	600	—	—	—	272	330	7,1

Таблица 7-10б

$I_н$, а	Двухполюсные				Трехполюсные			
	Тип	Общие размеры, мм		Вес, кг	Тип	Общие размеры, мм		Вес, кг
		ширина	высота			ширина	высота	
Рубильники с боковой рукояткой								
100	РБ21	378	214	3,0	РБ31	448	214	3,6
250	РБ22	395	234	4,0	РБ32	475	234	5,3
400	РБ24	420	269	5,6	РБ34	510	269	7,7
600	РБ26	440	273	7,4	РБ36	550	273	10,7
Переключатели с боковой рукояткой								
100	ПБ21	378	304	4,7	ПБ31	448	304	5,6
250	ПБ22	395	334	5,7	ПБ32	475	334	7,7
400	ПБ24	420	388	8,9	ПБ34	510	388	11,0
600	ПБ26	440	393	12,0	ПБ36	550	393	18,7
Рубильники с боковым рычажным приводом								
100	РПБ21	250	152	4,1	РПБ31	320	152	5,0
250	РПБ22	260	186	4,8	РПБ32	340	186	6,0
400	РПБ24	285	202	6,4	РПБ34	375	202	7,5
600	РПБ26	305	210	8,6	РПБ36	475	210	11,9
Переключатели с боковым рычажным приводом								
100	ППБ21	250	242	5,8	ППБ31	320	252	7,3
250	ППБ22	260	296	6,5	ППБ32	340	296	8,4
400	ППБ24	285	351	9,4	ППБ34	375	351	12,6
600	ППБ26	305	360	13,6	ППБ36	415	360	17,6
Рубильники с центральным рычажным приводом								
100	РПЦ21	200	152	2,8	РПЦ31	270	152	3,6
250	РПЦ22	220	186	3,4	РПЦ32	300	186	4,5
400	РПЦ24	240	202	4,9	РПЦ34	330	202	6,7
600	РПЦ26	270	210	6,4	РПЦ36	380	210	9,3
Переключатели с центральным рычажным приводом								
100	ППЦ21	200	252	4,3	ППЦ31	270	252	5,1
250	ППЦ22	220	296	5,3	ППЦ32	300	296	7,0
400	ППЦ24	240	351	8,1	ППЦ34	330	351	11,3
660	ППЦ26	270	360	11,7	ППЦ36	380	360	16,5

Таблица 7-41. **Пускатели магнитные серии П**

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления трехфазными асинхронными электродвигателями с к. з. ротором. Число включений в час не более 150 при ПВ=40%. Ток $I_н$ главных контактов пускателей второй — пятой величин имеет следующие значения: для пускателей открытого исполнения 22,5; 50; 100 и 150 *а*; для пускателей в кожухе — 20, 50, 90 и 135 *а*. Данные нагревательных элементов см. ниже.

Буквы и цифры в обозначении типа пускателя имеют следующий смысл: буква П (ПА) — пускатель (для асинхронных двигателей); первая цифра — величина пускателя; вторая цифра — исполнение по роду защиты от окружающей среды: 1 — открытое, 2 — защищенное, 3 — пыленодозащищенное, третья цифра: 1 — без тепловых реле, нереверсивные, 2 — с тепловым реле, нереверсивные, 3 — без тепловых реле, реверсивные, 4 — с тепловыми реле, реверсивные; буква М — «модернизированный»; буква А — отдельная схема.

Тип	Исполнение	$P_{наиб}$ эл. дв. (*квт*) при $U_н$				Размеры [1], *мм*			Вес, *кг*
		127 *в*	220 *в*	380 *в*	500 *в*	ширина [2]	высота [2]	глубина	
Первая величина [3]									
П-111	Открытые					100/66	175/160	79	1,5
П-111А	»	1	1,7	1,7	1,7	110/66	175/160	79	1,6
П-121	Защищенные					155/90	215/160	105	2,5
П-121А	»					155/90	215/160	105	2,6
Вторая величина									
П-211М	Открытые					130/50	190/171	105	18,9
П-212М	»					130/50	190/171		2,25
П-213М	»					260/180	198/171		3,94
П-214М	»					260/180	198/171		4,3
П-221М	Защищенные					190/120	285/195	140	4,4
П-222М	»	2,5	4	5	5,5	190/120	285/195		4,4
П-223М	»					285/270	355/195		8,14
П-224М	»					285/270	355/195		8,5
П-231М	Пыленодозащищенные					257/180	337/260	150	4,9
П-232М	»					257/180	337/260		
П-233М	»					407/330	337/260		9,2
П-234М	»					407/330	337/260		
Третья величина									
П-311М	Открытые					130/50	215/171	105	2,1
П-312М	»					130/50			2,5
П-313М	»	7	10	20	28	260/180			4,2
П-314М	»					260/180			4,6

Продолжение

Тип	Исполнение	$P_{наиб}$ эл. дв. (*квт*) при $U_н$				Размеры [1], *мм*			Вес *кг*
		127 *в*	220 *в*	380 *в*	500 *в*	ширина [2]	высота [2]	глубина	
П-321М	Защищенные					190/120	285/195	140	4,2
П-322М	»					190/120	285/195		4,6
П-323М	»					285/170	355/195		8,8
П-324М	»					285/170	355/195		9,2
П-331М	Пылеводозащищенные	7	10	20	28	267/180	337/260	150	5,2
П-332М	»					267/180			
П-333М	»					407/330			9,9
П-334М	»					407/330			
Четвертая величина [4]									
ПА-411	Открытые					183/135	290/246	135	4,3
ПА-412	»					183/135	290/246		4,9
ПА-413	»					343/305	275/246		8,7
ПА-414	»					343/305	275/246		9,3
ПА-421	Защищенные					225/128	440/334	157	7,7
ПА-422	»	10	14	28	28	225/128	440/334		8,3
ПА-423	»					385/274	440/334		15,5
ПА-424	»					385/274	440/334		16,2
ПА-431	Пылеводозащищенные					280/207	495/422	166	8,1
ПА-432	»					280/207	495/422		8,7
ПА-433	»					440/367	495/422		16,3
ПА-434	»					440/367	495/422		17,2
Пятая величина [4]									
ПА-511	Открытые					200/154	335/280	156	7,5
ПА-512	»					200/154	335/280	156	8,3
ПА-513	»					388/340	320/279	170	14,5
ПА-514	»					388/340	320/279	170	15,3
ПА-521	Защищенные	28	40	55	55	242/128	532/410	178	13,5
ПА-522	»					242/128	532/410	178	14,4
ПА-523	»					432/318	532/410	195	23,5
ПА-524	»					432/318	532/410	195	24,3

Продолжение

Тип	Исполнение	$P_{наиб}$ эл. дв. (*квт*) при $U_н$				Размеры [1]), *мм*			Вес, *кг*
		127 *в*	220 *в*	380 *в*	500 *в*	ширина [2])	высота [2])	глубина	
ПА-531	Пылеводозащищенные					295/222	585/512	190	14,7
ПА-532	»					295/222	585/512	190	15,5
ПА-533	»	28	40	55	55	485/412	585/512	199	27
ПА-534	»					485/412	585/512	199	27,9
Шестая величина [4])									
ПА-611	Открытые					230/180	380/305	190	10,3
ПА-612	»					230/180	380/305	190	11,1
ПА-613	»					435/305	385/304	190	19,3
ПА-614	»					435/305	385/304	190	21,0
ПА-621	Защищенные					272/140	632/500	203	19,4
ПА-622	»	40	55	75	75	272/140	632/500	203	20,2
ПА-623	»					477/345	632/500	210	30,7
ПА-624	»					477/345	632/500	210	32,2
ПА-631	Пылеводозащищенные					325/252	684/612	212	19,5
ПА-632	»					325/252	684/612	212	20,3
ПА-633	»					530/457	684/612	218	32,4
ПА-634	»					530/457	684/612	218	34,1

Примечания к табл. 7-41. [1]) Размеры пускателей второй — третьей величин открытого исполнения приведены наибольшие (по пускателям с тепловыми реле). [2]) До косой черты указаны габаритные размеры, за чертой — установочные. Пускатели первой величины, а также открытые нереверсивные второй — пятой величин имеют 3 отверстия, остальные — четыре. [3]) Без тепловых реле. $I_н$ — открытых пускателей 15 *а*, защищенных — 13,5 *а*. Втягивающие катушки работают при 0,8—1,05$U_н$; ток катушек: 0,16 *а* (при 127 *в*), 0,1 *а* (при 220 *в*), 0,06 *а* (при 380 *в*) и 0,04 *а* (при 500 *в*); кратность пускового тока 6 *а*. [4]) Новая серия с тепловыми реле ТРП. Пятая и шестая величины с реле ТРП-150 осваиваются в 1961—1962 гг.

Таблица 7-42. **Обмоточные данные пускателей второй — шестой величин**

Величина пускателя	Диаметр провода и число витков катушек [1]			
	127 *в*	220 *в*	380 *в*	500 *в*
2	0,25/1500	0,2/2500	0,15/4350	0,13/5650
3	0,38/1130	0,29/1950	0,23/3380	0,2/4450
4	0,47/920	0,35/1600	0,27/2700	0,23/3640
5	0,64/700	0,49/1200	0,35/2070	0,31/2730
6	0,77/490	0,59/850	0,44/1460	0,38/1930

Примечание к табл. 7-42 [1]) До черты диаметр провода без изоляции, *мм*; за чертой число витков.

§ 7-14. Тепловые реле и нагреватели

Таблица 7-43. **Выбор плавких вставок для защиты электродвигателей**

Электродвигатели [1]	Кратность номинального тока $I_{вст}$ по отношению к номинальному току двигателя
1. Двигатели постоянного тока и асинхронные с фазным ротором:	
а) при длительном режиме работы	1,0
б) при повторно-кратковременном режиме (при ПВ = 25%)	1,25
2. Двигатели асинхронные с к. з. ротором и кратностью пускового тока около 7[2]) при длительном режиме работы:	
а) пуск при полном напряжении сети	2,75
б) пуск при пониженном напряжении сети при помощи автотрансформатора и т. п.	2,0
3. Двигатели асинхронные с к. з. ротором и кратностью пускового тока около 7[2]) при повторно-кратковременном режиме работы (при ПВ=25%)	3,5

Примечания к табл. 7-43. [1]) Защита от перегрузки асинхронных двигателей с к. з. ротором не может быть осуществлена предохранителями с плавкими вставками, которые защищают эти двигатели только от токов короткого замыкания. [2]) При кратностях пускового тока асинхронных двигателей, отличающихся от 7, номинальные токи плавких вставок выбираются из расчета $I_{вст} = \frac{I_{пуск}}{2,5}\ a$.

Таблица 7-44. **Реле тепловые ТРТ**

Тепловые реле ТРТ предназначены для защиты от перегрузок двигателей до 500 *в*

Тип реле, размеры (ширина × высота × глубина) в *мм* и вес в *кг*	Исполнения реле	$I_н$, *а*	Рекомендуемое наименьшее сечение проводника, кабеля, *мм*², или шины, *мм* × *мм*
ТРТ-110, (32 × 120 × × 110), 0,55	ТРТ-111	1,75	1
	ТРТ-112	2,5	1
	ТРТ-113	3,5	1
	ТРТ-114	5,0	1
	ТРТ-115	7,0	1
ТРТ-120, (32 × 120 × × 110), 0,55	ТРТ-121	9,0	1
	ТРТ-122	11,5	1,5
ТРТ-130, (32 × 120 × × 110), 0,55	ТРТ-131	14,5	2,5
	ТРТ-132	18	4
	ТРТ-133	22	6
	ТРТ-134	28	10
	ТРТ-135	35	10
	ТРТ-136	45	16
	ТРТ-137	56	16
	ТРТ-138	71	25
	ТРТ-139	90	25
ТРТ-140, (32 × 160 × × 110), 0,70	ТРТ-141	110	35
	ТРТ-142	140	50 или (20 × 2)
ТРТ-150, (60 × 180 × × 181), 2	ТРТ-151	155	70 или (20 × 2)
	ТРТ-152	190	95 или (20 × 2,5)
	ТРТ-153	230	10 × 3
	ТРТ-154	285	30 × 3
	ТРТ-155	360	30 × 4
	ТРТ-156	450	45 × 3
	ТРТ-157	550	45 × 4

Таблица 7-45. **Реле РТ**

Реле РТ предназначены для защиты от перегрузок двигателей до 500 *в*

Тип	Ток главной цепи, *а* (до)	Наибольший ток цепи контактов, *а*	Наибольшая разрываемая мощность, *ва*	Размеры, *мм*		Вес, *г*
				основание	высота	
РТ-1	23	2,5	250	64,5 × 26,5	87	150
РТ-2	50	2,5	250	64,5 × 26,5	87	160
РТ-3	100	5	500	66 × 24	113,5	680
РТ-4	150	5	500	66 × 24	121,5	805

Таблица 7-46. **Нагреватели к реле типа РТ-1**

Каталожный номер нагревателя	Для защиты двигателей с номинальным током, *а*	
	при установке РТ-1 в пускателях П-222 и П-224	при открытой установке РТ-1 в пускателях П-212 и П-214
1	0,64 ÷ 0,72	0,74 ÷ 0,83
2	0,73 ÷ 0,79	0,83 ÷ 0,91
3	0,80 ÷ 0,89	0,91 ÷ 1,02
4	0,90 ÷ 0,99	1,02 ÷ 1,14
5	1,00 ÷ 1,10	1,14 ÷ 1,27
6	1,11 ÷ 1,20	1,27 ÷ 1,38
7	1,21 ÷ 1,30	1,38 ÷ 1,50
8	1,31 ÷ 1,40	1,50 ÷ 1,61
9	1,41 ÷ 1,50	1,61 ÷ 1,73
10	1,51 ÷ 1,70	1,73 ÷ 1,96
11	1,71 ÷ 1,90	1,96 ÷ 2,20
12	1,91 ÷ 2,10	2,20 ÷ 2,42
13	2,11 ÷ 2,30	2,42 ÷ 2,65
14	2,31 ÷ 2,50	2,65 ÷ 2,88
15	2,51 ÷ 2,70	2,88 ÷ 3,11
16	2,71 ÷ 2,90	3,11 ÷ 3,35
17	2,91 ÷ 3,30	3,35 ÷ 3,80
18	3,31 ÷ 3,60	3,80 ÷ 4,15
19	3,61 ÷ 3,90	4,15 ÷ 4,50
20	3,91 ÷ 4,20	4,50 ÷ 4,83
21	4,21 ÷ 4,70	4,83 ÷ 5,40
22	4,71 ÷ 5,20	5,40 ÷ 5,98
23	5,21 ÷ 5,80	5,98 ÷ 6,67
24	5,81 ÷ 6,30	6,67 ÷ 7,25
25	6,31 ÷ 7,20	7,25 ÷ 8,30
26	7,21 ÷ 8,00	8,30 ÷ 9,20
27	8,01 ÷ 8,90	9,20 ÷ 10,23
28	8,91 ÷ 9,70	10,23 ÷ 11,15
29	9,71 ÷ 10,70	11,15 ÷ 12,30
30	10,71 ÷ 11,60	12,30 ÷ 13,35
31	11,61 ÷ 12,80	13,35 ÷ 14,70
32	12,81 ÷ 13,80	14,70 ÷ 15,90
33	13,81 ÷ 15,20	15,90 ÷ 17,50
34	15,21 ÷ 16,80	17,50 ÷ 19,30
35	16,81 ÷ 18,30	19,30 ÷ 21,00
36	18,31 ÷ 20,00	21,00 ÷ 23,00

Таблица 7-47. **Нагреватели к реле типа РТ-2**

Каталожный номер нагревателя	Для защиты двигателей с номинальным током, *а*		
	при установке РТ-2 в пускателях П-322 и П-324		при открытой установке РТ-2 в пускателях П-312 и П-314
	Клапанная конструкция	Прямоходовая конструкция	
20	4,41 ÷ 4,80	6,0 ÷ 6,5	5,30 ÷ 5,75
21	4,81 ÷ 5,30	6,5 ÷ 7,0	5,75 ÷ 6,36
22	5,31 ÷ 5,90	7,0 ÷ 7,7	6,36 ÷ 7,09
23	5,91 ÷ 6,50	7,7 ÷ 8,5	7,09 ÷ 7,80
24	6,51 ÷ 7,20	8,5 ÷ 9,5	7,80 ÷ 8,65
25	7,21 ÷ 8,00	9,5 ÷ 10,5	8,65 ÷ 9,60
26	8,01 ÷ 8,80	10,5 ÷ 11,5	9,60 ÷ 10,55
27	8,81 ÷ 9,70	11,5 ÷ 12,5	10,55 ÷ 11,65
28	9,71 ÷ 10,7	12,5 ÷ 13,5	11,65 ÷ 12,85
29	10,71 ÷ 11,7	13,5 ÷ 15,0	12,85 ÷ 14,00
30	11,71 ÷ 13,0	15,0 ÷ 16,5	14,00 ÷ 15,60
31	13,01 ÷ 14,5	16,5 ÷ 18,0	15,60 ÷ 17,40
32	14,51 ÷ 16,2	18,0 ÷ 20,0	17,40 ÷ 19,50
33	16,21 ÷ 18,0	20,0 ÷ 22,5	19,50 ÷ 21,60
34	18,01 ÷ 20,0	22,5 ÷ 25,0	21,60 ÷ 24,00
35	20,1 ÷ 22,0	25 ÷ 28	24,0 ÷ 26,4
36	22,1 ÷ 24,0	28 ÷ 31	26,4 ÷ 28,8
37	24,1 ÷ 26,0	31 ÷ 34	28,8 ÷ 31,2
38	26,1 ÷ 28,5	34 ÷ 37	31,2 ÷ 34,2
39	28,6 ÷ 31,5	37 ÷ 41	34,2 ÷ 37,8
40	31,6 ÷ 34,5	41 ÷ 45	37,8 ÷ 41,5
41	34,6 ÷ 38,0	45 ÷ 50	41,5 ÷ 45,6
42	38,1 ÷ 41,5	—	45,6 ÷ 50,0

Таблица 7-48. **Нагреватели к реле типа РТ-3**

Каталожный номер нагревателя	Для защиты двигателей с номинальным током, *а*	
	при установке РТ-3 в пускателях П-422 и П-424	при открытой установке РТ-3 в пускателях П-412 и П-414
43	31,0 ÷ 34,0	37,2 ÷ 40,8
44	34,0 ÷ 37,0	40,8 ÷ 44,5
45	37,0 ÷ 41,0	44,5 ÷ 49,2
46	41,0 ÷ 45,0	49,2 ÷ 54,0
47	45,0 ÷ 50,0	54,0 ÷ 60,0
48	50,0 ÷ 55,0	60,0 ÷ 66,0
49	55,0 ÷ 60,0	66,0 ÷ 72,0
50	60,0 ÷ 65,0	72,0 ÷ 78,0
51	65,0 ÷ 70,0	78,0 ÷ 84,0
52	70,0 ÷ 77,0	84,0 ÷ 92,5
53	77,0 ÷ 85,0	92,5 ÷ 102,0
54	85,0 ÷ 95,0	—
55	90,0 ÷ 105,0	—

Таблица 7-49. **Нагреватели к реле типа РТ-4**

Каталожный номер нагревателя	Для защиты двигателей с номинальным током, *а*	
	при установке РТ-4 в пускателях П-522 и П-524	при открытой установке РТ-4 в пускателях П-512 и П-514
56	60,0 ÷ 65,0	72,0 ÷ 78,0
57	65,0 ÷ 70,0	78,0 ÷ 84,0
58	70,0 ÷ 77,0	84,0 ÷ 92,5
59	77,0 ÷ 85,0	92,5 ÷ 102,0
60	85,0 ÷ 95,0	102,0 ÷ 114,0
61	95,0 ÷ 105,0	114,0 ÷ 126,0
62	105,0 ÷ 115,0	126,0 ÷ 138,0
63	115,0 ÷ 125,0	138,0 ÷ 150,0
64	125,0 ÷ 135,0	—
65	135,0 ÷ 150,0	—

§ 7-15. Выключатели и пускорегулирующая аппаратура

Таблица 7-50. **Автоматические воздушные выключатели (установочные) серии А3100**

Тип	Ток расцепителя $I_н$, *а*	Размеры, *мм*			Вес, *кг* (наибольший)
		ширина	высота	глубина	
А3160	15, 20, 25, 30, 40, 50	35	153	100	1,25
А3110	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 85, 100	105	237	122,5	2,6
А3120	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100	152	259	125	4,0
А3130	120, 140, 170, 200	209	395	141	9,1
А3140	250, 300, 350, 400, 500, 600	217	560	269	19,4

Таблица 7-51. **Данные автоматических воздушных выключателей, устойчивых к токам короткого замыкания при присоединении их к различным точкам магистрали низкого напряжения в зависимости от мощности трансформаторов**

Мощность трансформатора, *ква*	Тип автомата ($I_н$ расцепителя) при удаленности трансформатора на расстояние, *м*			
	0	50	100	150
560	А3120 (100 *а*)	А3120 (50 *а*)	А3120 (30 *а*)	А3120 (25 *а*)
750	А3130 (200 *а*)	А3120 (60 *а*)	А3120 (40 *а*)	А3120 (30 *а*)
1000	А3140 (300 *а*)	А3130 (200 *а*)	А3120 (60 *а*)	А3120 (50 *а*)

Таблица 7-52. **Пусковые масляные реостаты для асинхронных электродвигателей**

Реостаты (напряжение 600 *в*) предназначены для пуска в ход асинхронных двигателей с фазным ротором. Для регулирования оборотов двигателей реостаты не применяются. Размеры реостатов, *мм*: ширина 591 (расстояние между осями крепления 350); высота 855; глубина 426 (расстояние между осями крепления 366).

Тип реостата	Ток, *а*	Мощность при полной нагрузке, *квт*	$U/I_н$ при полной нагрузке	Мощность при половинной нагрузке, *квт*	$U/I_н$ при половинной нагрузке	Вес, *кг*
16541	248	100	0,8 ÷ 1,2	130	0,4 ÷ 0,6	60
	296	100	0,6 ÷ 0,8	—	—	60
	209	100	1,2 ÷ 1,6	155	0,6 ÷ 0,8	60
	148	100	2,4 ÷ 3,3	200	1,2 ÷ 1,6	65
	124	100	3,5 ÷ 4,7	200	1,6 ÷ 2,4	60
	175	100	1,6 ÷ 2,4	200	0,8 ÷ 1,2	80
16641	105	100	4,7 ÷ 6,6	200	2,4 ÷ 3,3	80
1651	232	175	1,6 ÷ 2,4	350	0,8 ÷ 1,2	70
	277	175	1,2 ÷ 1,6	350	0,6 ÷ 0,8	70
	328	175	0,8 ÷ 1,2	200	0,4 ÷ 0,6	70
	322	175	0,6 ÷ 0,8	—	—	70
	430	150	0,4 ÷ 0,6	—	—	70

Таблица 7-53. Командоаппараты кулачковые регулируемые, серии КА410, КА420, КАР40 и КАМ40

Командоаппараты предназначены для автоматического управления электроприводами путем переключения вторичных цепей контакторов, пускателей, станций управления, выключателей высокого напряжения. Рассчитаны для работы при температуре окружающей среды от + 50 до — 40° и относительной влажности не более 80%. Аппараты серии КАР40 и КАМ40 состоят из четырех аппаратов серии КА410.

Тип	Число цепей	Передаточное число редуктора	Размеры [1], *мм*		
			ширина	высота	глубина
Серии КА410, без редуктора, горизонтальные					
КА414-1	4	—	272/154	180	206/130
КА414-2	4	—	272/154	180	206/130
КА416-1	6	—	352/234	180	206/130
КА416-2	6	—	352/234	180	206/130
Серии КА420, со встроенным редуктором, вертикальные					
КА424-1	4	1	266/176	260	250/176
КА424-5	4	5	266/176	260	250/176
КА424-15	4	15	266/176	260	250/176
КА424-30	4	30	266/176	260	250/176
КА426- 1	6	1	266/176	340	250/176
КА426- 5	6	5	266/176	340	250/176
КА426-15	6	15	266/176	340	250/176
КА426-30	6	30	266/176	340	250/176
Серии КАР40, с пристроенным редуктором					
КАР44-1	16	1	790/588	220	420/235
КАР44-2	16	2	790/588	220	420/235
КАР44-15	16	15	790/588	220	420/235
КАР44-20	16	20	790/588	220	420/235
КАР44-40	16	40	790/588	220	420/235
КАР46-1	24	1	790/588	220	420/235
КАР46-2	24	2	790/588	220	420/235
КАР46-15	24	15	790/588	220	420/235
КАР46-20	24	20	790/588	220	420/235
КАР46-40	24	40	790/588	220	420/235
Серии КАМ40, с пристроенным редуктором и электродвигателем					
КАМ44-240	16	16	420/217,5	790	247+380
КАМ46-240	24	24	420/217,5	950	247+390

Примечание к табл. 7-53. [1] До косой черты указаны габаритные размеры, за чертой — установочные.

Таблица 7-54. Контакторы переменного тока серии КТВ

В обозначении типа контактора буквы и цифры имеют следующий смысл: К — контактор, Т — трехфазного тока; В — индекс завода-изготовителя, в трехзначном числе первая цифра (1) указывает, что контактор без гашения, вторая — число н. о. главных контактов, третья — величину контактора; в двузначном числе первая цифра означает число н. о. главных контактов, вторая — величину контактора; Л — переднее присоединение.

Величина	Тип [1]	$I_н$, *а*	Число контактов (н. о.) [1]	Размеры (ширина × высота × глубина) с плитой [2], *мм*	Вес, *кг*	
					с плитой	без плиты
	С гашением					
II	КТВ22, КТВ22Л	75	2	395×285×183 (153)	9,5	6
II	КТВ32, КТВ32Л		3	435×285×183 (153)	11	7
II	КТВ42, КТВ42Л		4	475×285×183 (153)	12	8
II	КТВ52, КТВ52Л		5	515×295×183 (153)	14	9
III	КТВ23, КТВ23Л	150	2	420×330×235 (195)	17	12
III	КТВ33, КТВ33Л		3	470×370×235 (195)	22	16
III	КТВ43, КТВ43Л		4	520×370×235 (200)	25	17
III	КТВ53, КТВ53Л		5	570×370×235 (200)	28	19
IV	КТВ24, КТВ24Л	200	2	515×450×273 (298)	31	22
IV	КТВ34, КТВ34Л		3	570×450×273 (298)	38	27
IV	КТВ44, КТВ44Л		4	640×450×273 (233)	44	32
IV	КТВ54, КТВ54Л		5	700×450×273 (233)	50	37
V	КТВ25, КТВ25Л	600	2	630×500×340 (283)	61	46
V	КТВ35, КТВ35Л		3	715×500×340 (283)	72	55
V	КТВ45, КТВ45Л		4	800×500×340 (288)	86	64
V	КТВ55, КТВ55Л		5	885×500×340 (288)	98	73
	Без гашения					
II	КТВ122, КТВ122Л	75	2	395×295×183 (153)	8	4,3
II	КТВ132, КТВ132Л	75	3	435×285×183 (153)	9	5
III	КТВ123, КТВ123Л	150	2	420×370×235 (195)	15	10
III	КТВ133, КТВ133Л	150	3	470×370×235 (195)	18	12
IV	КТВ124, КТВ124Л	300	2	515×450×273 (228)	28	18
IV	КТВ134, КТВ134Л	300	3	570×450×273 (228)	32	22
V	КТВ125, КТВ125Л	600	2	130×500×340 (283)	54	41
V	КТВ135, КТВ135Л	600	3	715×500×340 (283)	61	46

Примечание к табл. 7-54. [1]) Число главных контактов; число блок-контактов: 2 н. о. и 2 н. з. [2]) В скобках указана глубина при переднем присоединении (контактор + плита), последнее число до скобок — глубина при заднем присоединении (с учетом длины винта).

Таблица 7-55. Катушки втягивающие контакторов (переменного тока) [1]

Предназначены для силовых цепей до 380 *в*, 50 *гц*. Допустимое число включений и отключений в час контакторов с гашением при номинальном токе: 300 (II величина), 250 (III величина), 150 (IV величина), 120 (V величина).

Контакторы с гашением коммутируют в пусковых режимах пиковые токи, не превышающие $4I_н$, а в аварийных режимах не более $7I_н$.

Величина контактора	$U_н$ сети, *в*	$I_{раб}$, *а* (около)
II	127	0,7
II	220	0,4
II	380	0,25
III	127	1,4
III	220	0,7
III	380	0,4
IV	127	3,7
IV	220	2,1
IV	380	1,2
V	127	6,3
V	220	3,6
V	380	2,0

Примечание к табл. 7-55. [1] Кратность пускового тока катушек равна 10, $\cos\varphi = 0{,}25$ (при замкнутом магнитопроводе). Контакторы исполняются и с катушками пост. тока.

Таблица 7-56. **Контакторы переменного тока серии КТ5000**

Буквы и цифры в обозначении типа имеют следующий смысл:
КТ — контактор трехфазного тока для цепей 380 *в*; первая цифра 5 — серия, вторая — исполнение: с дугогасительным устройством заднего присоединения на рейке (0) или переднего присоединения (2); третья цифра — величина: первая — 100 *а* (1), вторая — 150 *а* (2), третья — 250 *а* (3), четвертая — 400 *а* (4), пятая — 600 *а* (5); последняя цифра — число полюсов (двух-, трех-, четырех- и пятиполюсный). Контакторы для монтажа выполняются на параллельных рейках.

Тип	Комбинация блок-контактов	Втягивающие катушки		Размеры [1], *мм*			Вес, *кг*
		ток	напряжение, *в*	ширина	высота	глубина	
КТ5012, КТ5212	2 н. о. и 2 н. з.	постоянный, переменный	110, 220	335/306	232/176	175	6,1
КТ5013, КТ5213				395/366	232/176	175	7,5
КТ5014, КТ5214				470/442	232/176	175	9,8
КТ5015, КТ5215				530/502	232/176	175	11,2
КТ5022, КТ5222				380/350	268/184	198	8
КТ5023, КТ5223				435/406	268/184	198	9,8
КТ5024, КТ5224				580/550	300/246	237	22
КТ5025, КТ5225	3 н. о. и 3 н. з.		127, 220	680/650	300/246	237	25
КТ5032, КТ5232			380	430/400	300/246	237	16
КТ5033, КТ5233				480/450	300/246	237	19
КТ5042, КТ5242				530/500	319/300	263	28
КТ5043, КТ5243				580/550	319/300	263	33
КТ5052, КТ5252				580/550	380/325	307	32
КТ5053, КТ5253				680/650	380/325	307	40

Примечание к табл. 7-56. [1]) Числа до косой черты — габаритные размеры, за чертой — установочные.

Таблица 7-57. Блок-контакторы переменного тока КТВ

Блок-контакторы КТВ (открытые) ставятся в цепях управления переменного тока до 380 *в* (50 *гц*) и постоянного тока до 220 *в*. Предназначены для размножения полученного импульса по отдельным цепям и для коммутирования силовых электрических цепей небольшой мощности (мелкие электродвигатели, переключение с одного источника питания на другой). Собственное время втягивания 0,08 *сек*, отпадания 0,05 *сек*. $I_н = 15$ *а*. $U_н$ катушек 127, 220, 380 *в* перем. тока, 50 *гц* и 110, 220 *в* пост. тока.

Тип	Присоединение	Количество контактов		Размеры, *мм*			Вес, *кг* (около)	
		н. о.	н. з.	ширина по плите [1]	ширина без плиты	глубина [2]	без плиты	с плитой
Без защелки								
КТВ9002/33	Заднее	3	3	295/245	200	133	3,5	6
КТВ9002/66	»	6	6	400/350	305		4,5	8
КТВ9002/99	»	9	9	505/455	410		5,5	10
КТВ9002/1212	»	12	12	610/560	515		6,5	12
КТВ9002/33Л	Переднее	3	3	295/245	215		3,5	6
КТВ9002/66Л	»	6	6	400/350	320		4,5	8
КТВ9002/99Л	»	9	9	505/455	425		5,5	10
КТВ9002/1212Л	»	12	12	610/560	530		6,5	12
С защелкой								
КТВ9402/33	Заднее	3	3	360/310	275	138	6	9,5
КТВ9402/66	»	6	6	465/415	380		7	11,5
КТВ9402/99	»	9	9	570/520	485		8	13,5
КТВ9402/1212	»	12	12	675/625	590		9	15,5
КТВ9402/33Л	Переднее	3	3	360/310	290		6	9,5
КТВ9402/66Л	»	6	6	465/415	395		7	11,5
КТВ9402/99Л	»	9	9	570/520	500		8	13,5
КТВ9402/1212Л	»	12	12	675/625	605		9	15,5

Примечания к табл. 7-57. [1]) До косой черты размеры плиты, за чертой расстояние между осями крепления (4 отверстия диаметром 9 *мм*). [2]) Без плиты (толщина плиты 20 *мм*).

Таблица 7-58. **Переключатели барабанные серии БП1** [1])

Тип	$I_{длит.}$, *а*	$P_{длит}$ эл. дв., *квт*, при			Исполнение	Применение	Указательные надписи	Размеры [2]), *мм*			Вес, *г*
		220 *в*	380 *в*	500 *в*				ширина	высота	глубина	
БП1-131	10	1,7	2,8	2,8	В кожухе для пристройки снаружи машины	Включение и отключение эл. дв.	Ход—0—ход	105/85	130/80	68	0,92
БП1-431	10	1,7	2,8	2,8	Без кожуха для встройки в нишу машины	То же	То же	140/76	160/116	143	0,8
БП1-132	10	1,7	2,8	2,8	То же, что БП1-131	Включение, отключение и реверсирование эл. дв.	Влево—0—вправо	105/85	130/80	68	0,92
БП1-432	10	1,7	2,8	2,8	То же, что БП1-431	То же	То же	140/76	160/116	143	0,8
БП1-133	10	1,7	2,8	2,8	Без кожуха для встройки в шкаф управления с самовозвратом в выключенное положение	» »	—	100/90	65/30	137	0,6
БП1-433	10	1,7	2,8	2,8	То же, для встройки в нишу машины	» »	Влево—0—вправо	140/76	160/116	143	0,8

Продолжение

Тип	$I_{длит}$, *а*	$P_{длит}$ эл. дв., *квт*, при			Исполнение	Применение	Указательные надписи	Размеры [2], *мм*			Вес, *кг*
		220 *в*	380 *в*	500 *в*				ширина	высота	глубина	
БП1-161	35	7,0	10,0	14,0	Без кожуха для встройки в шкаф управления	Включение, отключение и реверсирование эл. дв.	—	100/90	65/30	196	0,95
БП1-154	5/2,5 [3]	—	—	—	То же, с самовозвратом из положения размагничено	Включение и отключение электромагнитных плит	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-452	5/2,5 [3]	—	—	—	То же, для встройки в нишу машины	То же	Размагничено—0—включено	140/76	160/116	183	1,15
БП1-151	10	—	—	—	То же, что БП1-161	Для схем автоматики	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-152	10	—	—	—	То же	То же	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-153	10	—	—	—	» »	» »	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-162	10	—	—	—	» »	» »	—	100/90	65/30	196	0,95
БП1-155	10	1,7	2,8	2,8	» »	Для 2-скоростных эл. дв. [4]	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-156	10	1,7	2,8	2,8	» »	То же [5]	—	100/90	65/30	176	0,85
БП1-451	10	1,7	2,8	2,8	То же, что БП1-431	» » [5]	1—0—2	140/76	160/116	183	1,15

Примечания к табл. 7-58. [1]) Ручной привод $U_н = 500$ *в*, 50 *гц* (БП1-154 и БП1-452—220 *в*, пост. тока). [2]) До черты габаритные размеры, за чертой установочные. [3]) 5 *а* при 110 *в*, 2,5 *а* при 220 *в*. [4]) Схема электродвигателя У/У. [5]) Схема электродвигателя Д/УУ или У/УУ.

Таблица 7-59. Реверсоры магнитные серии КТР6200

Реверсоры представляют комплект контакторов и предназначены для дистанционного включения и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей высокого напряжения с фазным ротором до 1000 *квт*, 3 и 6 *кв*.

Реверсоры не рассчитаны на коммутацию токов, превышающих пусковые токи, и не выполняют функции аппарата, отключающего установку от токов к. з.

Реверсоры устанавливают в хорошо вентилируемом помещении без сырости, едких газов, пыли. Над реверсором и перед ним предусматривают свободное пространство 1 *м* (для предотвращения перебросов дуги).

Тип	Главная цепь (трехфазный ток) 50 *гц*		Размеры, *мм*			Вес, *кг*
	$U_н$, *кв*	$I_н$ [1], *а*	ширина	высота	глубина	
КТР6263	3	150	2190	1700	521	465
КТР6264	3	300	2190	1700	521	465
КТР6292	6	75	3280	1700	521	645
КТР6293	6	150	3280	1700	521	645

Примечание к табл. 7-59. [1]) Соответствуют прерывисто-продолжительному режиму.

Таблица 7-60. Реакторы пусковые трехфазные серии ПРТМ

Реакторы служат для ограничения пускового тока электродвигателей при 50 *гц* и имеют естественное масляное охлаждение. В обозначении типа реактора буквы и числа имеют следующий смысл: ПР — пусковой реактор, Т — трехфазный, М — масляный, число до черты — условная типовая мощность (*ква*), число за чертой — класс изоляции реактора (*кв*).

Тип	$U_н$, *кв*	$I_н$, *а*	Режим пуска [1]	Реактивность, *ом*/фазу	$P_{пуск}$, *ква*
ПРТМ-320/6	3; 6	180	2-минутный	3,3	320
ПРТМ-320/6	3; 6	320	»	1,05	322
ПРТМ-560/6	3; 6	180	»	5,7	554
ПРТМ-560/6	3; 6	320	»	1,9	585
ПРТМ-560/6	3; 6	560	»	0,6	565
ПРТМ-1000/6	3; 6	180	»	10	970
ПРТМ-1000/6	3; 6	320	»	3,3	1010
ПРТМ-1000/6	3; 6	560	»	1,05	990
ПРТМ-1000/6	3; 6	1000	»	0,35	1050
ПРТМ-1800/6	3; 6	320	»	5,7	1750
ПРТМ-1800/6	3; 6	560	»	1,8	1690
ПРТМ-1800/6	3; 6	750	»	1,05	1770
ПРТМ-1800/6	3; 6	1000	»	0,6	1800
ПРТМ-1800/6	3; 6	1350	»	0,35	1910
ПРТМ-3200/6	3; 6	560	»	3,2	3010
ПРТМ-3200/6	3; 6	750	»	1,8	3050
ПРТМ-3200/6	3; 6	1000	»	1,05	3150
ПРТМ-3200/6	3; 6	1350	»	0,6	3280
ПРТМ-5600/6	3; 6	560	»	4,3	4050
ПРТМ-5600/6	3; 6	750	»	3,2	5400
ПРТМ-5600/6	3; 6	1000	»	1,8	5400
ПРТМ-12000/10	6	3000	1-минутный	0,53	
ПРТМ-12000/10	10,5	1200	»	3,2	
ПРТМ-24000/10	6	2400	»	1,1	
ПРТМ-24000/10	10,5	2400	»	1,5	

Примечания к табл. 7-60. [1]) Перерыв между пусками не менее пуска при 1-минутном или 3-минутном режиме определяется умножением $I_н$ 0,9 при 3-минутном режиме; 1,2 при 1-минутном режиме на основной ступежуха, без учета высоты: ртутного термометра реакторов 6 *кв* (265 *мм*); рас-ПРТМ-24000/10). [3]) Высота от основания до оси верхнего положения крюка (для 6 *кв* — без катков). [5]) Вес кожуха с тележкой. [6]) Вес выемной части

Таблица 7-60, *продолжение*

Размеры, *мм*				Вес, *кг*			
высота [2]	глубина	ширина	строительная высота [3]	кожуха с крышкой	выемной части	масла	полный вес
1040	645	1050	2340	132	235	210	580
1040	645	1050	2340	132	235	210	580
1040	645	1050	2340	132	235	210	580
1040	645	1050	2340	132	235	210	580
1040	645	1050	2340	132	235	210	580
1215	645	1050	2665	145	295	240	680
1215	645	1050	2665	145	295	240	680
1215	645	1050	2665	145	295	240	680
1215	645	1050	2665	145	295	240	680
1210	775	1350	2670	245	550	375	1170
1210	775	1350	2670	245	550	375	1170
1210	775	1350	2670	245	550	375	1170
1210	815	1350	2670	245	550	375	1170
1210	815	1350	2670	245	550	375	1170
1450	775	1350	3060	265	670	475	1410
1450	775	1350	3060	265	670	475	1410
1450	815	1350	3060	265	670	475	1410
1450	815	1350	3060	265	670	475	1410
1450	775	1350	3145	265	770	390	1425
1450	775	1350	3205	265	770	390	1425
1450	815	1350	3205	265	770	390	1425
2300	1270	2255	5800 [4]	620 [5]	3380 [6]	1550	5550
2300	1270	2255	5800 [4]	620 [5]	3380 [6]	1550	5550
2925	1360	2640	7190 [4]	945 [5]	6010 [6]	2755	9710
2925	1360	2640	7190 [4]	945 [5]	6010 [6]	2755	9710

[1] часов. Допустимый пусковой ток для реакторов с 2-минутным режимом реактора 2-минутного режима (данные таблицы) на следующие коэффициенты: ии; 1,15 при 1-минутном режиме на ступени 15%. [2] Высота до верха кожирителя реакторов 10 *квт* (760 *мм* для ПРТМ-12000/10 и 1170 *мм* для при подъеме выемной части. [4] Расстояние между осями катков 1070 *мм* с крышкой и расширителем.

Таблица 7-61. Стандартные ящики сопротивления открытые ЯС2 и ЯС1

Ящики сопротивления (ЯС) выпускаются открытые, защищенные и высоковольтные открытые. Открытые и защищенные ящики сопротивления применяются в качестве пусковых, пускорегулировочных, тормозных, разрядных и пр. в силовых цепях до 500 *в* постоянного и переменного тока (50 *гц*); высоковольтные — для заземления нейтрали синхронных генераторов ВН и трансформаторов или в качестве тормозных сопротивлений к синхронным двигателям.

Открытые ящики сопротивления состоят из двух торцовых боковин швеллерообразной формы (стальные), скрепленных двумя изолированными шпильками, на которых смонтированы элементы сопротивлений. Ящики могут быть смонтированы: один на другом (не более трех); на стеллаже (4—6). При числе ящиков более трех рекомендуется выбирать расстояние между ящиками не менее 80 *мм*. Если имеется более шести ящиков, то между каждой группой из шести ящиков оставляется расстояние по вертикали не менее 380 *мм*.

В табл. 7-61 приведены данные для открытых ящиков ЯС2 и ЯС1. Размеры в *мм* этих ящиков следующие: ширина 645, глубина 372, высота 24. Расстояние между центрами крепления: 605 по ширине и 260 по глубине, элементы крупные.

№ ящика [1]	R [2], *ом*	Допустимый ток [3], *а*					Вес, *кг*
		продолжительный	при продолжительности включения (ПВ)				
			6%	12,5%	20%	40%	
Ящики ЯС2, допустимая нагрузка 5,8 *квт*							
5	0,1	215	770	580	465	335	39,5
7	0,14	181	650	490	392	283	31,6
10	0,20	152	545	410	328	237	35,2
14	0,28	128	460	346	277	200	28,6
20	0,40	107	386	289	232	167	29,5
28	0,56	91	327	245	197	142	24,2
40	0,80	76	273	205	164	118	28,5
55	1,1	64	232	173	139	100	23,5
80	1,6	54	196	147	118	85	28,6
110	2,2	46	165	123	99	71	24,0
Ящики ЯС1, допустимая нагрузка 5,8 *квт*							
75	3,0	39	141	106	85	61	27,3
105	4,2	33	119	89	72	52	23,5
140	5,6	29	103	77	62	45	27,3
200	8,0	24	86	65	52	38	23,1

Примечания к табл. 7-61. [1]) Номер ящика соответствует номеру элемента и одновременно выражает его сопротивление в тысячных долях ома (например, ящик № 5 набирается из элементов с сопротивлением 0,005 *ом*). [2]) В холодном состоянии; при нагреве сопротивление повышается примерно на 10% на каждые 100° С. [3]) При температуре элементов сопротивлений 265° С и длительности включения в повторно-кратковременном режиме до 30 *сек*.

Таблица 7-62. **Выбор магнитных пускателей, тепловых реле, нагревателей и предохранителей**

Выбор типов магнитных пускателей (П), тепловых реле (РТ), нагревателей и плавких вставок к предохранителям произведен для двигателей типов А, АЛ, АО и АОЛ напряжением 380 *в* с к. з. ротором.

Выбор нагревателей к тепловым реле типа РТ произведен из условий применения магнитных пускателей в защищенном исполнении.

Выбор плавких вставок к предохранителям произведен по формуле $I_{вст} = \frac{I_{пуск}}{2{,}5}$.

В таблице указано синхронное число оборотов двигателей в минуту; фактическое число оборотов в минуту ниже на 1,5 ÷ 7%. $I_{пуск}$ — пусковой ток, $I_{вст}$ — ток плавкой вставки.

Мощность двигателя[1]), *квт*	Тип пускателя и реле[2])	Для двигателей 3000 *об/мин*					Для двигателей 1500 *об/мин*					Для двигателей 1000 *об/мин*					Для двигателей 750 *об/мин*				
		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты	
		габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №
Для двигателей типов А и АЛ с к. з. ротором																					
0,6	П-220 и РТ1	—	—	—	—	—	31-4	1,6	8	6	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0		31-2	2,2	12	6	13	32-4	2,4	12	6	14	41-6	2,8	11	6	16	—	—	—	—	—
1,7		32-2	3,7	22	10	19	41-4	3,9	20	10	19	42-6	4,3	19	10	21	—	—	—	—	—
2,8		41-2	5,8	32	15	23	42-4	6,1	33	15	24	51-6	6,6	33	15	25	—	—	—	—	—
4,5		42-2	9,1	55	25	28	51-4	9,4	56	25	28	52-6	10,1	55	25	29	61-8	11	50	20	30
7,0	П-320 и РТ2	51-2	13,8	83	35	31	52-4	14,2	85	35	31	61-6	15,5	70	35	32	62-8	16	72	35	32
10		52-2	19,5	127	60	34	61-4	19,7	100	60	34	62-6	21,5	97	60	35	71-8	22	88	35	35
14		61-2	27,5	151	60	38	62-4	27,5	152	60	38	71-6	29,6	134	60	39	72-8	30	120	60	39
20	П-420 и РТ3	62-2	38	228	100	45	71-4	39	195	80	45	72-6	41,3	186	80	46	81-8	42	190	80	46
28		71-2	53	265	125	48	72-4	54	297	125	48	81-6	56,5	282	125	49	82-8	58	261	125	49
40	П-520 и РТ4	72-2	74	407	200	58	81-4	76	456	200	58	82-6	79,8	440	200	59	91-8	81	365	160	59
55		81-2	101	505	200	61	82-4	103	618	260	61	91-6	106	530	225	62	92-8	109	490	200	62

Продолжение

Мощность двигателя[1], *квт*	Тип пускателя и реле [2]	Для двигателей 3000 *об/мин*					Для двигателей 1500 *об/мин*					Для двигателей 1000 *об/мин*					Для двигателей 750 *об/мин*				
		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты		Двигатели			Аппараты	
		габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №	габарит	$I_н$, *а*	$I_{пуск}$, *а*	$I_{вст}$, *а*	нагреватель, №
75	КТ-34А и ТРА	82-2	136	750	300	140	91-4	140	770	350	140	92-6	141	705	300	140	—	—	—	—	—
100		91-2	180	990	430	166	92-4	185	925	430	166	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
125		92-2	225	1240	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Для двигателей типов АО и АОЛ с к. з. ротором																				
0,6	П-220 и РТ1	31-2	1,4	8	6	8	31-4	1,6	8	6	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0		32-2	2,2	14	6	13	32-4	2,4	12	6	14	41-6	2,8	11	6	16	—	—	—	—	—
1,7		41-2	3,6	23	10	18	41-4	3,9	20	10	19	42-6	4,3	19	10	21	—	—	—	—	—
2,8		42-2	5,8	38	15	23	42-4	6,1	34	15	24	51-6	6,8	34	15	25	—	—	—	—	—
4,5		51-2	9,1	59	25	28	51-4	9,4	56	25	28	52-6	10,1	55	25	29	62-8	10,5	58	25	29
7,0	П-320 и РТ2	52-2	13,8	90	35	31	52-4	14,2	92	35	31	62-6	15,5	85	35	32	63-8	16	88	35	32
10		62-2	19,5	117	60	34	62-4	19,7	115	60	34	63-6	21	126	60	35	72-8	22	110	60	35
14		63-2	27	176	80	38	63-4	27,4	191	80	38	72-6	29	160	80	39	73-8	30	150	60	39
20	П-420 и РТ3	72-2	38	247	100	45	72-4	38,8	252	100	45	73-6	41	225	100	46	82-8	42	210	100	46
28		73-2	52	338	160	48	73-4	53,8	375	160	48	82-6	55,5	333	160	49	83-8	57,5	285	125	49
40	П-520 и РТ4	82-2	75	487	200	58	82-4	75	485	200	58	83-6	77,5	500	200	59	93-8	80	440	200	59
55		83-2	100	650	260	61	83-4	103	663	260	61	93-6	104	624	260	61	94-8	108	595	260	62
75	КТ-34А и ТРА	93-2	136	816	350	140	93-4	138	900	350	140	94-6	139	835	350	140	—	—	—	—	—
100		94-2	182	1090	500	166	94-4	184	1200	500	166	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания к табл. 7-62. [1]) Для двигателей мощностью 75, 100 и 125 *квт* применены контакторы и тепловые реле с нагревательными элементами типа ТРА. [2]) Магнитные пускатели П-420 и П-520 заменяются пускателями новой серии П-400 и ПА-500.

Таблица 7-63. **Станции управления нормализованной серии общего применения для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором**

Напряжение силовых цепей 380 *в* переменного тока (для станций с динамическим торможением напряжение цепей динамического торможения 220 *в* постоянного тока)

Тип станции управления		$I_н$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
Для нереверсивных двигателей; напряжение цепей управления 127, 220, 380 *в* переменного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем					
БУ5120 — (верхнее исполнение)	03АОА	1,6		500	500
	03АОБ	2,4		500	500
	03АОВ	4,0		500	500
	03АОГ	6,4		500	500
	03АОД	10		500	500
	03АОЕ	16		500	500
	03АО	20		500	500
	13АОА	20	Для нечастого включения	600	500
	13АОБ	15		600	500
	13АОВ	25		600	500
	13АОГ	30		600	500
	13АОД	40		600	500
	13АО	50		600	500
	23АОА	60		600	500
	23АОБ	75		600	500
	23АО	75		600	500
БУ5120 — (верхнее исполнение) и БУ5121 — (нижнее исполнение)	33АОА	120		500	1 000
	33АОБ	140		500	1 000
	33АОВ	150		500	1 000
	33АО	150		500	1 000
	43АОА	250	Для нечастого включения	600	1 000
	43АО	300		600	1 000
	53АОА	350		700	1 000
	53АОБ	400		700	1 000
	53АОВ	500		700	1 000
	53АО	600		700	1 000
БУ5124 — (верхнее исполнение) и БУ5125 — (нижнее исполнение)	33АОА	120		500	1 000
	33АОБ	140		500	1 000
	33АОВ	150		500	1 000
	33АО	150		500	1 000
	43АОА	250	Для нечастого включения	600	1 000
	43АО	300		600	1 000
	53АОА	350		700	1 000
	53АОБ	400		700	1 000
	53АОВ	500		700	1 000
	53АО	600		700	1 000

Продолжение

Тип станции управления		$I_н$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
Для нереверсивных двигателей; напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем					
БУ5126 — (верхнее исполнение)	03А2А	1,6	Для нечастого включения	500	500
	03А2Б	2,4		500	500
	03А2В	4,0		500	500
	03А2Г	6,0		500	500
	03А2Д	10		500	500
	03А2Е	16		500	500
	03А2	20		500	500
БУ5126 — (верхнее исполнение)	13А2А	15	Для нечастого включения	600	500
	13А2Б	20		600	500
	13А2В	25		600	500
	13А2Г	30		600	500
	13А2Д	40		600	500
	13А2	50		600	500
	23А2А	60		600	500
	23А2Б	75		600	500
	23А2	75		600	500
	33А2А	120		500	1 000
	33А2Б	140		500	1 000
	33А2В	150		500	1 000
	33А2	150		500	1 000
БУ5126 (верхнее исполнение) и БУ5127 (нижнее исполнение)	43А2А	250	Для нечастого включения	600	1 000
	43А2	300		600	1 000
	53А2А	350		700	1 000
	53А2Б	400		700	1 000
	53А2В	500		700	1 000
	53А2	600		700	1 000
То же, с механическим тормозом, защита автоматом с комбинированным расцепителем и максимальными реле					
БУ5134 — (верхнее исполнение) и БУ5135— (нижнее исполнение)	03О2А	15	1 200	500	1 000
	03О2Б	15	1 200	500	1 000
	03О2В	15	1 200	500	1 000
	03О2	20	1 200	500	1 000
	13О2А	25	1 200	500	1 000
	13О2Б	30	1 200	500	1 000
	13О2В	40	1 200	500	1 000
	13О2	50	1 200	500	1 000
	23О2А	60	1 200	500	1 000
	23О2Б	80	1 200	500	1 000
	23О2	100	1 200	600	1 000
	33О2А	120	1 200	600	1 000
	33О2Б	140	1 200	600	1 000
	33О2В	150	1 200	600	1 000
	33О2	150	1 200	600	1 000
	43О2А	250	1 200	500	2 300
ПУ5134	43О2	300	1 200	500	2 300

Продолжение

Тип станции управления		$I_н$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
То же, динамическое торможение (одна ступень) и механический тормоз, защита автоматом с комбинированным расцепителем и максимальными реле					
ПУ5222	03О2	20	1 200	500	2 300
	03О2А	15	1 200	500	2 300
	03О2Б	15	1 200	500	2 300
	03О2В	15	1 200	500	2 300
	13О2	50	1 200	500	2 300
	13О2А	25	1 200	500	2 300
	13О2Б	30	1 200	500	2 300
	13О2В	40	1 200	500	2 300
	23О2	100	1 200	500	2 300
	23О2А	60	1 200	500	2 300
	23О2Б	80	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	500	2 300
	33О2А	120	1 200	500	2 300
	33О2Б	140	1 200	500	2 300
	33О2В	150	1 200	500	2 300
	43О2	300	1 200	600	2 300
	43О2А	250	1 200	600	2 300
Для нереверсивных двигателей; напряжение цепей управления 127, 220, 380 *в* переменного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем, со ступенью сопротивления в цепи статора					
ПУ5320 и ПУ5321	33АОА	120	Для нечастого включения	500	1 800 (ПУ5320), 2 300 (ПУ5321)
	33АОБ	140		500	
	33АОВ	150		500	
	33АО	150		500	
ПУ5321	43АОА	250		600	2 300
	43АО	300		600	2 300
ПУ5320 и ПУ5321	53АОА	350		700	1 800 (ПУ5320), 2 300 (ПУ5321)
	53АОБ	400		700	
	53АОВ	500		700	
	53АО	600		700	
Для реверсивных двигателей; напряжение цепей управления 127, 220, 380 *в* переменного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем					
БУ5420 — (верхнее исполнение) и БУ5421— (нижнее исполнение)	03АОА	1,6	Для нечастого включения	500	1 000
	03АОБ	2,4		500	1 000
	03АОВ	4,0		500	1 000
	03АОГ	6,4		500	1 000
	03АОД	10		500	1 000
	03АОЕ	16		500	1 000
	03АО	20		500	1 000
	13АОА	15		500	1 000
	13АОБ	20		500	1 000
	13АОВ	25		500	1 000

Продолжение

Тип станции управления		$I_{н}$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
	13АОГ	30	Для нечастого включения	500	1 000
	13АОД	40		500	1 000
	13АО	50		500	1 000
	23АОА	60		500	1 000
	23АОБ	75		500	1 000
	23АО	75		500	1 000
ПУ5420 и ПУ5421	33АОА	120	Для нечастого включения	500	1 800 (ПУ5420), 2 300 (ПУ5421)
	33АОБ	140		500	
	33АОВ	150		500	
	33АО	150		500	
ПУ5421	43АОА	250	Для нечастого включения	600	2 300
	43АО	300		600	2 300
ПУ5420 и ПУ5421	53АОА	350	Для нечастого включения	700	1 800 (ПУ5420), 2 300 (ПУ5421)
	53АОБ	400		700	
	53АОВ	500		700	
	53АО	600		700	
Для реверсивных двигателей; напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем, с экономическим сопротивлением в цепи катушки контактора					
БУ5424 — (верхнее исполнение) и БУ5425—(нижнее исполнение)	03А2А	1,6	Для нечастого включения	500	1 000
	03А2Б	2,4		500	1 000
	03А2В	4,0		500	1 000
	03А2Г	5,4		500	1 000
	03А2Д	10		500	1 000
	03А2Е	16		500	1 000
	03А2	20		500	1 000
	13А2А	15		500	1 000
	13А2Б	20		500	1 000
	13А3В	25		500	1 000
	13А2Г	30		500	1 000
	13А2Д	40		500	1 000
	13А2	50		500	1 000
	23А2А	60		500	1 000
	23А2Б	75		500	1 000
	23А2	75		500	1 000
ПУ5424 и ПУ5425	33А2А	120	Для нечастого включения	500	1 800 (ПУ5424), 2 300 (ПУ5425)
	33А2Б	140		500	
	33А2В	150		500	
	33А2	150		500	
ПУ5425	43А2А	250	Для нечастого включения	600	2 300
	43А2	300		600	2 300
ПУ5424 и ПУ5425	53А2А	350	Для нечастого включения	700	1 800 (ПУ5424), 2 300 (ПУ5425)
	53А2Б	400		700	
	53А2В	500		700	
	53А2	600		700	

Продолжение

Тип станции управления		$I_н$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
Для реверсивных двигателей; напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, без торможения, защита автоматом с комбинированным расцепителем					
БУ5409 [1] — (верхнее исполнение) и БУ5410 [1] — (нижнее исполнение)	13О2А	15	1 200	500	1 000
	13О2Б	20	1 200	500	1 000
	13О2В	25	1 200	500	1 000
	13О2Г	30	1 200	500	1 000
	13О2Д	40	1 200	500	1 000
	13О2	50	1 200	500	1 000
	23О2А	60	1 200	500	1 000
	23О2Б	80	1 200	500	1 000
	23О2	100	1 200	500	1 000
ПУ5409 [1]	33О2А	120	1 200	500	2 300
	33О2Б	140	1 200	500	2 300
	33О2В	150	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	500	2 300
	43О2А	250	1 200	600	2 300
	43О2	300	1 200	600	2 300
То же, с механическим тормозом, защита автоматом с комбинированным расцепителем и максимальными реле					
БУ5434 — (верхнее исполнение) и БУ5435 — нижнее исполнение)	03О2А	15	1 200	600	1 000
	03О2Б	15	1 200	600	1 000
	03О2В	15	1 200	600	1 000
	03О2	20	1 200	600	1 000
	13О2А	25	1 200	600	1 000
	13О2Б	30	1 200	600	1 000
	13О2В	40	1 200	600	1 000
	13О2	50	1 200	600	1 000
	23О2А	60	1 200	600	1 000
	23О2Б	80	1 200	600	1 000
	23О2	100	1 200	600	1 000
ПУ5434	33О2А	120	1 200	500	2 300
	33О2Б	140	1 200	500	2 300
	33О2В	150	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	500	2 300
	43О2А	250	1 200	600	2 300
	43О2	300	1 200	600	2 300
То же, динамическое торможение (одна ступень), защита автоматом с комбинированным расцепителем и максимальными реле					
БУ5509 [1] (верхнее исполнение) и БУ5510 [1] — нижнее исполнение)	13О2А	15	1 200	600	1 000
	13О2Б	20	1 200	600	1 000
	13О2В	25	1 200	600	1 000
	13О2Г	30	1 200	600	1 000
	13О2Д	40	1 200	600	1 000

Продолжение

Тип станции управления		$I_н$, *а*	Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс			ширина	высота
	13О2	50	1 200	600	1 000
	23О2А	60	1 200	600	1 000
	23О2Б	80	1 200	600	1 000
	23О2	100	1 200	600	1 000
ПУ5509 [1]	33О2А	120	1 200	500	2 300
	33О2Б	140	1 200	500	2 300
	33О2В	150	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	500	2 300
	43О2А	250	1 200	600	2 300
	43О2	300	1 200	600	2 300
ПУ5522	03О2	20	1 200	500	2 300
	03О2А	15	1 200	500	2 300
	03О2Б	15	1 200	500	2 300
	03О2В	15	1 200	500	2 300
	13О2	50	1 200	500	2 300
	13О2А	25	1 200	500	2 300
	13О2Б	30	1 200	500	2 300
	13О2В	40	1 200	500	2 300
	23О2	100	1 200	500	2 300
	23О2А	60	1 200	500	2 300
	23О2Б	80	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	600	2 300
	33О2А	120	1 200	600	2 300
	33О2Б	140	1 200	600	2 300
	33О2В	150	1 200	600	2 300
	43О2	300	1 200	700	2 300
	43О2А	250	1 200	700	2 300
ПУ5523	03О2	20	1 200	500	2 300
	03О2А	15	1 200	500	2 300
	03О2Б	15	1 200	500	2 300
	03О2В	15	1 200	500	2 300
	13О2	50	1 200	500	2 300
	13О2А	25	1 200	500	2 300
	13О2Б	30	1 200	500	2 300
	13О2В	40	1 200	500	2 300
	23О2	100	1 200	500	2 300
	23О2А	60	1 200	500	2 300
	23О2Б	80	1 200	500	2 300
	33О2	150	1 200	600	2 300
	33О2А	120	1 200	600	2 300
	33О2Б	140	1 200	600	2 300
	33О2В	150	1 200	600	2 300
	43О2	300	1 200	700	2 300
	43О2А	250	1 200	700	2 300

Примечание к табл. 7-63. [1]) Для управления несложными механизмами.

Таблица 7-64. Станции управления нормализованной серии общего применения для асинхронных двигателей с фазным ротором

Напряжение силовых цепей 380 *в* переменного тока (для станции с динамическим торможением напряжение цепей динамического торможения 220 *в* постоянного тока)

Тип станции управления		$I_н$, *а*		Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс	статора	ротора		ширина	высота
Для нереверсивных двигателей напряжение цепей управления 127, 220, 380 *в* переменного тока, без торможения, защита максимальными реле						
ПУ6120	23АО	75	110	Для нечастого включения	500	2300
	33АО	150	225		500	2300
	43АО	300	450		700	2300
	53АО	600	900		800	2300
Для нереверсивных двигателей, напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, с механическим тормозом, защита максимальными реле, две ступени пускового сопротивления						
ПУ6122	03А2А	5	100	1200	500	2300
	03Б2А	5	100	1200	500	2300
	03А2Б	10	100	1200	500	2300
	03Б2Б	10	100	1200	500	2300
	03А2	20	100	1200	500	2300
	03Б2	20	100	1200	500	2300
	13А2А	25	100	1200	500	2300
	13Б2А	25	100	1200	500	2300
	13А2	50	100	1200	500	2300
	13Б2	50	100	1200	500	2300
	23А2А	75	100	1200	500	2300
	23Б2А	75	100	1200	500	2300
	23В2А	75	150	1200	500	2300
	23А2	100	100	1200	500	2300
	23Б2	100	100	1200	500	2300
	23В2	100	150	1200	500	2300
То же, три ступени пускового сопротивления						
ПУ6122	33А2	150	150	1200	500	2300
	33Б2	150	150	1200	500	2300
	43А2	300	300	1200	600	2300
	43Б2	300	300	1200	600	2300

Продолжение

Тип станции управления		$I_н$, *а*		Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс	статора	ротора		ширина	высота
Для нереверсивных двигателей, напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, динамическое торможение (одна ступень) и механический тормоз, защита максимальными реле, две ступени пускового сопротивления						
ПУ6220	03А2А	5	100	1200	600	2300
	03Б2А	5	100	1200	600	2300
	03А2Б	10	100	1200	600	2300
	03Б2Б	10	100	1200	600	2300
	03А2	20	100	1200	600	2300
	03Б2	20	100	1200	600	2300
	13А2А	25	100	1200	600	2300
	13Б2А	25	100	1200	600	2300
	13А2	50	100	1200	600	2300
	13Б2	50	100	1200	600	2300
	23А2А	75	100	1200	600	2300
	23Б2А	75	100	1200	600	2300
	23А2	100	100	1200	600	2300
	23Б2	100	100	1200	600	2300
То же, динамическое торможение без ступеней сопротивления, три ступени пускового сопротивления						
ПУ6220	33А2	150	150	1200	600	2300
	33Б2	150	150	1200	600	2300
	43А2	300	300	1200	700	2300
	43Б2	300	300	1200	700	2300
Для реверсивных двигателей, напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, торможение противовключением (одна ступень сопротивления) и механический тормоз, защита максимальными реле, две ступени пускового сопротивления						
ПУ6421	03О2А	5	100	1200	600	2300
	03О2Б	10	100	1200	600	2300
	03О2	20	100	1200	600	2300
	13О2А	25	100	1200	600	2300
	13О2	50	100	1200	600	2300
	23О2А	75	100	1200	600	2300
	23О2	100	100	1200	600	2300
	33О2	150	150	1200	700	2300
	43О2	300	300	1200	900	2300

Продолжение

Тип станций управления		$I_н$, *а*		Допустимое число включений в час	Размеры, *мм*	
типовое обозначение	типовой индекс	статора	ротора		ширина	высота
Для реверсивных двигателей, напряжение цепей управления 220 *в* постоянного тока, торможение динамическое (одна ступень), противовключением (одна ступень) и механический тормоз, защита максимальными реле, две ступени пускового сопротивления						
ПУ6520	03А2А	5	100	1200	700	2300
	03Б2А	5	100	1200	700	2300
	03А2Б	10	100	1200	700	2300
	03Б2Б	10	100	1200	700	2300
	03А2	20	100	1200	700	2300
	03Б2	20	100	1200	700	2300
	13А2А	40	100	1200	700	2300
	13Б2А	40	100	1200	700	2300
	13А2	50	100	1200	700	2300
	13Б2	50	100	1200	700	2300
	23А2А	75	100	1200	700	2300
	23Б2А	75	100	1200	700	2300
	23А2	100	100	1200	700	2300
	23Б2	100	100	1200	700	2300
	33А2	150	150	1200	800	2300
	33Б2	150	150	1200	800	2300
	43А2	300	300	1200	1000	2300
	43Б2	300	300	1200	1000	2300

§ 7-16. Электромагнитные устройства

Таблица 7-65. **Однофазные электромагниты ЭС1** [1])

Электромагниты ЭС1 применяются для схем автоматики металлорежущих станков и др. $U_н$ втягивающей катушки 127, 220, 380, 500 *в* переменного тока (50 *гц*). В обозначении типа электромагнита буквы и цифры имеют следующий смысл: ЭС1 — серия; первая цифра — исполнение (5—тянущий, 6—толкающий); вторая цифра—1 (для работы в воздухе); третья цифра — габарит (0, 1, 2, 3, 4, 5); четвертая цифра: 1 с катушкой, рассчитанной на ПВ = 100%, 2 — с катушкой, рассчитанной на ПВ = 10%; к — в кожухе. Для электромагнитов с блок-контактами после цифр добавляется буква Б.

Тип	Исполнение	Тяговое усилие, *кГ*	Максимальный ход якоря, *мм*	Вес якоря, *кг*	Размеры [1]), *мм*		
					ширина	высота	глубина
ЭС1-5101	Тянущий	1,5	20	0,3	67/55	82	72
ЭС1-5102	»	3,0	20	0,3	67/55	82	72
ЭС1-6101	Толкающий	1,5	20	—	67/55	82	79
ЭС1-6102	»	3,0	20	—	67/55	82	79
ЭС1-5111	Тянущий	3	25	0,4	80/60	93	80
ЭС1-5112	»	5	25	0,4	80/60	93	80
ЭС1-6111	Толкающий	3	25	0,6	80/60	134	86
ЭС1-6112	»	5	25	0,6	80/60	134	86
ЭС1-5111к	Тянущий в кожухе	3	25	0,4	116/60	157	87/48
ЭС1-5112к	» »	5	25	0,4	116/60	157	87/48
ЭС1-6111к	Толкающий в кожухе	3	25	0,6	116/60	171	87/50
ЭС1-6112к	» »	5	25	0,6	116/60	171	87/50
ЭС1-5121	Тянущий	5	25	0,9	106/8	117	87
ЭС1-5122	»	8	25	0,9	106/8	117	87
ЭС1-6121	Толкающий	5	25	1,3	106/8	117	90
ЭС1-6122	»	8	25	1,3	106/8	117	90
ЭС1-5121к	Тянущий в кожухе	5	25	0,9	138/83	190	98/59
ЭС1-5122к	» »	8	25	0,9	138/83	190	98/59
ЭС1-6121к	Толкающий в кожухе	5	25	1,3	138/83	196	98/67
ЭС1-6122к	» »	8	25	1,3	138/83	196	98/67
ЭС1-5131	Тянущий	8	25	1,2	106/83	117	100
ЭС1-5132	»	15	25	1,2	106/83	117	100
ЭС1-6131	Толкающий	8	25	1,7	106/83	117	106
ЭС1-6132	»	15	25	1,7	106/83	117	106
ЭС1-5131к	Тянущий в кожухе	8	25	1,2	138/83	190	111/72
ЭС1-5132к	» »	15	25	1,2	138/83	190	111/72
ЭС1-6131к	Толкающий в кожухе	8	25	1,7	138/83	196	111/80
ЭС1-6132к	» »	15	25	1,7	138/83	196	111/80
ЭС1-5141	Тянущий	15	50	1,9	146/108	193	116
ЭС1-5151	»	25	50	3,2	146/108	193	156

Примечание к табл. 7-65. [1]) Размеры до черты габаритные, за чертой — установочные. Размеры исполнения для работы в брызгах масла (ЭС1-5200, ЭС1-5210, ЭС1-5220, ЭС1-5230, ЭС1-5240, ЭС1-5250, ЭС1-6200, ЭС1-6220, ЭС1-6230)—те же, что и соответствующих исполнений для работы в воздухе.

Таблица 7-66. **Грузоподъемные электромагниты** [1])

Тип	Подъемная сила, *кГ*				Диаметр, *мм*	Высота, *мм* (около)	Вес, *кг*
	болванка или плита	чугун в чушках	скреп стальной	стальная стружка			
М-22Т	6 000	200	200	80	785	825	550
М-42Т	16 000	600	600	200	1 170	1 170	1 560
М-62Т	30 000	1 800	1 800	600	1 650	1 650	5 200
ПМ-25Т	—	—	—	—	1 700×700 основание	860	3 000

Примечание к табл. 7-66. [1]) Два или три магнита, подвешенные на одной траверзе, поднимают один ряд рельсов, балок, труб длиной соответственно 12,5 и 25 *м*. Крупные магниты (серии М) служат для подъема и транспортировки стальных и чугунных грузов, а прямоугольные (серии ПМ) для транспортировки стальных и чугунных длинномерных грузов. $U_н$ питания 220 *в* пост. тока; ПВ = 50%.

Таблицы 7-67а и б. **Плиты электромагнитные**

Электромагнитные плиты предназначены для закрепления деталей при обработке их на плоскошлифовальных станках, при температуре окружающей среды + 35°, с охлаждающей жидкостью и без нее.

Сила притяжения всех плит 2,5 *кГ/см*^{2}, $U_н$ = 110 *в*, плотность тока в катушке 3 *а/мм*^{2}, соединение катушек последовательное.

В табл. 7-67а приведены основные характеристики электромагнитных плит типа ЭП, а в табл. 7-67б их обмоточные данные.

Таблица 7-67а

Тип	$I_н$, *а*	$P_н$, *вт*	Сопротивление цепи, *ом*	Размеры, *мм* (ширина × длина × высота)	Размеры основания, *мм*
ЭП-21	1,2	131	91	200 × 560 × 110	200 × 630 × 16
ЭП-31	2,0	220	55	320 × 710 × 110	320 × 860 × 16
ЭП-32	3,0	330	37	320 × 900 × 114	320 × 1 000 × 20

Таблица 7-67б

Тип плиты	Диаметр провода (марки ПЭЛ), *мм*	Число витков	Число катушек
ЭП-21	0,72	600	14
ЭП-31	0,9	280	18
ЭП-32	1,16	250	22

§ 7-17. Реле автоматики

Реле постоянного тока РЭВ-300:
реле напряжения 12; 24; 48; 110; 220 *в*, пределы регулирования (%) 30 ÷ 50;
реле тока 1,5; 2,5; 5; 10; 25; 50 (пределы регулирования 30 ÷ 60%); 100; 150; 300; 600 *а* (пределы регулирования 30÷65 и 60÷150%).
Реле имеют 1 н. о. и 1 н. з. контакты с общей точкой; мощность, потребляемая катушкой ~ 20 *вт*; размеры (*мм*) 210 × 165 × 100 для переднего присоединения и 100 × 240 × 165 для заднего присоединения. Вес 2,5 *кг*.

Реле напряжения и промежуточные постоянного тока РЭ-510: напряжение втягивающей катушки 12; 24; 48; 110 и 220 *в*; контакты 1 н. о. и 1 н. з., а также 2 н. о. и 1 н. з. Вес 2 *кг*.

Реле времени РЭ-511, РЭ-513, РЭ-515: напряжение втягивающей катушки 12; 24; 48; 110 и 220 *в* постоянного тока; выдержка времени до 5,5 *сек* (РЭ-515).

Реле минимального тока РЭ-530: ток втягивающей катушки 1,5; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100; 150; 300; 600 *а* постоянного тока. Размеры реле на 1,5 ÷ 50 *а* (*мм*): ширина 100 или 75, высота 170 или 180, глубина (до панели) 170. Высота реле на 100 ÷ 600 *а* увеличивается на 15 *мм*. Вес 2,5 *кг*.

Реле максимального тока, мгновенные РЭ-570: ток втягивающей катушки 1,5; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100; 150; 300, 600; 1200 *а* постоянного тока; контакты 1 н. о. и 1 н. з. или 1 н. з. Размеры (*мм*): ширина 145, высота 125, глубина 105. Вес 2 *кг*.

Реле времени РЭ-580: напряжение втягивающей катушки постоянного тока 12, 24, 48, 110, 220 *в*; контакты 1 н. о. и 1 н. з. или 2 н. о. и 1 н. з. Размеры (*мм*): ширина 100, высота 210, глубина 230.

Промежуточные реле прямого действия (ЭП-41-Б): напряжение втягивающей катушки 24, 48, 127, 220, 380 и 500 *в* перем. тока; контакты (когда их три): 3 н. о., 2 н. о. и 1 н. з., 1 н. о. и 2 н. з., 3 н. з.; контакты (когда их шесть): 6 н. о., 5 н. о. и 1 н. з., 4 н. о. и 2 н. з., 3 н. о. и 3 н. з. Размеры (*мм*): ширина 78, высота 178 (3 контакта) и 238 (6 контактов), глубина 75. Вес 1,1 и 1,3 *кг* соответственно.

Реле промежуточные РПМ-3: напряжение катушек 12, 36, 127, 220 380, 500 *в* переменного тока; одноэтажной конструкции — 2 контакта в любых комбинациях (н. о. и н. з.); двухэтажной — до 8 контактов в любых комбинациях (н. о. и н. з.), при этом н. з. контактов не более 6.

Электромагнитные многоканальные унифицированные реле МКУ-48 и МКУ-48 с. Для цепей связи и автоматики до 220 *в* постоянного и переменного тока.
Напряжение втягивающей катушки 6, 12, 30, 48, 60, 110, 220 *в* постоянного тока и 12, 24, 36, 60, 110, 127, 220, 380 *в* переменного тока; количество контактных групп:

на замыкание 2, 4, 6, 8
на размыкание 2, 4
на переключение 2.

Впускаются также реле токовые.
Размеры (максимальные) реле с основанием и колпаком, *мм*: длина 129, ширина 55, высота 113,5; вес реле не превышает 550 *г*.

Таблица 7-68. **Реле времени для схем автоматического управления**

Тип	Ток	$U_н$, *в*	$P_{потр}$, *ва*	Выдержка времени	Контакты	$P_{разр}$ контактов, *ва*	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
Е-52	Перем. 50 *гц*	220	26	1 ÷ 60 *сек*	2 н. о. и 1 н. з.	800	180 × 145 × 135	3
Е-58	То же	220	25	2 ÷ 60 *сек*	1 н. о. и 2 н. з.	700	230 × 175 × 165	5
РВТ-1200	»	220	18	1 ÷ 12 *мин*	6 н. о.		230 × 175 × 165	5
МРВ-6	»	220	54	1 ÷ 25 *мин*	5 н. о. и 5 н. з.	140	142 × 132 × 230	3,8
ВЛ-1	»	127, 220	8	0,5 ÷ 180 *сек*	1 н. о. или 1 н. з.	40	140 × 110 × 150	1,5
ВЛ-2	»	127; 220	8	0,5 ÷ 15 *сек*	1 н. о. или 1 н. з.	40	140 × 110 × 150	1,5
ВЛ-3	»	127; 220	8	0,5 ÷ 180 *сек*	2 н. о. или 1 н. о. и 1 перекл.	50	140 × 140 × 150	3
ВЛ-4	»	127; 220	8 ÷ 250	1 ÷ 60 *сек*				
Е-512	»	110; 220	30	1 ÷ 6 *мин*	1 перекл. и 4 н. з.	50	250 × 270 × 140	6,5
Е-513	»	110; 220	30	6 ÷ 60 *сек*	То же	50	250 × 270 × 140	6,5
ВС-2	Перем. 400 *гц*	32	55	1 ÷ 15 *мин*	5 перекл.	440	175 × 165 × 150	4
ВС-3	То же	32	55	15 ÷ 150 *сек*	1 перекл.	440	112 × 118 × 135	1,7

Таблица 7-69. **Кодовые реле**

Характеристики реле	КДР-1	КДР-1-М	КДР-2	КДР-3-М	КДР-5-М	КДР-6-М	КДР-Т
Количество контактных колонок	3 ÷ 5	3	1; 2	3 ÷ 5	1 ÷ 5	1 ÷ 5	1
Прямое замедление [1], *мсек*	15 ÷ 120	15 ÷ 120	14 ÷ 100	18 ÷ 130	15 ÷ 260	80 ÷ 350	—
Обратное замедление [1], *мсек*	2 ÷ 15	7 ÷ 85	1 ÷ 10	70 ÷ 260	15 ÷ 650	240 ÷ 1 000	—
Ход якоря, *мм*	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	0,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2	1,2 ± 0,2
Контактное давление [2], *г*	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	Не менее 25 на 1 контакт
Длина реле, *мм*	115	115	138	115	140	140	120
Ширина реле при количестве контактных колонок до 3, *мм*	32	32	32	32	34	34	39
То же при 4 колонках, *мм*	43	—	—	43	42	42	—
» при 5 колонках, *мм*	54	—	—	54	54	54	—
Наибольшая высота, *мм*	75	75	80	85	85	85	85
Вес при количестве контактных колонок до 3, *кг*	410	450	420	500	950	950	430
То же при 4 колонках, *кг*	440	—	—	530	965	970	—
» при 5 колонках, *кг*	470	—	—	560	980	1 000	—

Примечание к табл. 7-69. [1]) ± 25% при 20° С. [2]) Зазор между контактами 1,5 *мм*.

Таблицы 7-70а и б. Магнитные усилители УМ, УМС и ТУМ

В табл. 7-70а приведены данные для магнитных усилителей УМ и УМС, а в табл. 7-70 — для усилителей ТУМ. Магнитные усилители серии УМ предназначены для работы с нагрузкой на постоянном токе и используются с выпрямителями. Магнитные усилители серии УМС (силовые дроссели) предназначены для работы с нагрузкой переменного тока. При трехфазной нагрузке используются три дросселя, по одному в фазе. Усилители УМ и УМС выпускаются на Ш-образных магнитопроводах. В табл. 7-70а использованы следующие обозначения: $U_{\sim с}$ — напряжение источника питания переменного тока; $P_н$ — номинальная выходная мощность усилителя; $I_н$ — номинальный ток усилителя (в нагрузке), определяемый магнитоэлектрическим прибором; $U_н$ — номинальное значение напряжения на выходе магнитного усилителя (определяется магнитоэлектрическим прибором); $I_{мин}$ — минимальное значение тока нагрузки усилителя, которое может быть достигнуто при размагничивании усилителя; $R_н$ номинальная величина сопротивления нагрузки, определяемая из равенства $R_н = \frac{U_н}{I_н}$. $k_{ур}$ — коэффициент усиления по мощности, определяемый из условия потребной мощности управления $P_{ун}$ для изменения тока нагрузки от $I_{мин}$ до $I_н$ при сопротивлении нагрузки $R = R_н \left(k_{ур} = \frac{P_н}{P_{ун}} \right)$; $AW_{упр}$ — номинальная величина ампервитков управления, потребных для изменения тока нагрузки от $I_{мин}$ до $I_н$ при $R = R_н$; $k_ф$ — коэффициент форсировки, который характеризует допустимую перегрузку каждой обмотки управления (по тепловому режиму).

Таблица 7-70а

Тип	$U_{\sim с}$, в	$P_н$, вт	$U_н$, в	$I_н$, а	$I_{мин}$, а	$R_н$, ом	$k_{ур}$	$AW_{упр}$	$k_ф$	Число витков обмотки управления	Количество обмоток управления	Размеры (ширина × высота × глубина), мм	Установочные размеры, мм
УМ-31-65/44.1	127	48	50	0,965	0,0715	52	48	125	1	550	3	160 × 168 × 160	118 × 118
УМ-31-65/44.2	127	38	50	0,76	0,0715	66	42	100	1	550	5	160 × 162 × 160	118 × 118
УМ-31-65/44.3	127	24	50	0,48	0,0715	104	96	61,5	2	550	5	160 × 154 × 160	118 × 118

Продолжение

Тип	$U_{\sim}$, в	$P_н$, вт	$U_н$, в	$I_н$, а	$I_{мин}$, а	$R_н$, ом	$k_{ур}$	$AW_{упр}$	$k_ф$	Число витков обмотки уравнения	Количество обмоток уравнения	Размеры (ширина × высота × длина), мм	Установочные размеры, мм
У М-32-65/44.4	127	71,5	50	1,43	0,107	35	65	123	1	550	3	160 × 188 × 160	118 × 118
У М-32-65/44.5	127	56	50	1,12	0,107	44,5	56	96	1	550	5	160 × 182 × 160	118 × 118
У М-32-65/44.6	127	38	50	0,76	0,107	66	127	66	2	550	5	160 × 174 × 160	118 × 118
У М-33-65/44.7	127	91,5	50	1,83	0,143	26	73	125	1	550	3	160 × 208 × 160	118 × 118
У М-33-65/44.8	127	73,5	50	1,47	0,143	34	70	95	1	550	5	160 × 202 × 160	118 × 118
У М-33-65/44.9	127	48,3	50	0,965	0,143	52	161	61,5	2	550	5	160 × 194 × 160	118 × 118
У М-32-65/44.13	220	72	88	0,82	0,0615	107	65,5	123	1	550	3	160 × 188 × 160	118 × 118
У М-32-65/44.14	220	57	88	0,65	0,0615	135	57	98	1	550	5	160 × 182 × 160	118 × 118
У М-32-65/44.15	220	37	88	0,42	0,0615	210	137	63	2	550	5	160 × 174 × 160	118 × 118
У М-33-35/44.16	220	98	88	1,11	0,082	79	82	132	2	550	3	160 × 208 × 160	118 × 118
У М-33-65/44.17	220	76,5	88	0,87	0,082	100	66,5	98	1	550	5	160 × 202 × 160	118 × 118
У М-33-65/44.18	220	48,5	88	0,55	0,082	160	161	61,5	2	550	5	160 × 194 × 160	118 × 118
У М-41-65/45.1	127	145	64	2,28	0,14	28	73	186	1	550	3	182 × 205 × 182	145 × 145
У М-41-65/45.2	127	107	64	1,67	0,14	38,3	82	137	1	550	5	182 × 195 × 182	145 × 145
У М-41-65/45.3	127	68	64	1,07	0,14	60	210	88	2	550	5	182 × 185 × 182	145 × 145
У М-42-65/45.4	127	212	64	3,32	0,21	19,3	98	183	1	550	3	182 × 230 × 182	145 × 145
У М-42-65/45.5	127	156	64	2,45	0,21	26	111	135	1	550	5	182 × 220 × 182	145 × 145
У М-42-65/45.6	127	107	64	1,68	0,21	38	268	92	2	550	5	182 × 210 × 182	145 × 145
У М-43-65/45.7	127	282	64	4,42	0,28	14,5	117	181	1	550	3	182 × 255 × 182	145 × 145
У М-43-65/45.8	127	210	64	3,3	0,28	19,4	130	135	1	550	5	182 × 245 × 182	145 × 145
У М-43-65/45.9	127	125	64	1,96	0,28	32,7	368	80	2	550	5	182 × 235 × 182	145 × 145
У М-41-65/45.10	220	137	110	1,25	0,08	88	76	177	1	550	3	182 × 205 × 182	145 × 145
У М-41-65/45.11	220	105	110	0,95	0,08	116	84	135	1	550	5	182 × 185 × 182	145 × 145
У М-41-65/45.12	220	65	110	0,59	0,08	187	216	84	2	550	5	182 × 185 × 182	145 × 145
У М-42-65/45.13	220	217	110	1,97	0,12	56	94,5	187	1	550	3	182 × 230 × 182	145 × 145

Продолжение

Тип	$U_{\sim c}$, в	$P_н$, вт	$U_н$, в	$I_н$, а	$I_{мин}$, а	$R_н$, ом	$k_{ур}$	$AW_{упр}$	$k_ф$	Число витков обмотки управления	Количество обмоток уравнения	Размеры (ширина × высота × глубина), мм	Установочные размеры, мм
УМ-42-65/45.14	220	166	110	1,43	0,12	77	111	135	1	550	5	182 × 220 × 182	145 × 145
УМ-42-65/45.15	220	105	110	0,96	0,12	115	270	91	2	550	5	182 × 210 × 182	145 × 145
УМ-43-65/45.16	220	240	110	2,64	0,16	42	116	187	1	550	3	182 × 255 × 182	145 × 145
УМ-43-65/45.17	220	208	110	1,9	0,16	58	130	135	1	550	5	182 × 245 × 182	145 × 145
УМ-43-65/45.18	220	137	110	1,25	0,16	88	337	88	2	550	5	182 × 235 × 182	145 × 145
УМ-51-65/46.1	127	190	64	2,94	0,21	21,8	105	167	1	550	3	188 × 219 × 188	175 × 175
УМ-51-65/46.2	127	160	64	2,5	0,21	25,6	112	141	1	550	5	188 × 211 × 188	175 × 175
УМ-51-65/46.3	127	96	64	1,5	0,21	42,7	310	85	2	550	5	188 × 200 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.4	127	276	64	4,3	0,31	14,9	138	163	1	550	3	188 × 249 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.5	127	240	64	3,75	0,31	17	145	142	1	550	5	188 × 241 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.6	127	150	64	2,35	0,31	27	384	89	2	550	5	188 × 230 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.7	127	385	64	6,0	0,42	10,7	163	170	1	550	3	188 × 279 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.8	127	320	64	5,0	0,42	12,8	175	141	1	550	5	188 × 271 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.9	127	202	64	3,15	0,42	20,3	470	89	2	550	5	188 × 260 × 188	175 × 175
УМ-51-65/46.10	220	187	110	1,7	0,12	64,5	104	167	1	550	3	188 × 219 × 188	175 × 175
УМ-51-65/46.11	220	157	110	1,43	0,12	77	112	140	1	550	5	188 × 211 × 188	175 × 175
УМ-51-65/46.12	220	91	110	0,83	0,12	133	314	82	2	550	5	188 × 200 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.13	220	280	110	2,65	0,18	43,2	130	167	1	550	3	188 × 249 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.14	220	227	110	2,06	0,18	53,5	160	136	1	550	5	188 × 241 × 188	175 × 175
УМ-52-65/46.15	220	142	110	1,29	0,18	85	405	85	2	550	5	188 × 230 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.16	220	364	110	3,3	0,24	33,4	168	163	1	550	3	188 × 279 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.17	220	310	110	2,82	0,24	39	200	139	1	550	5	188 × 271 × 188	175 × 175
УМ-53-65/46.18	220	193	110	1,75	0,24	63	470	87	2	550	5	188 × 260 × 188	175 × 175
УМ-61-65/47.1	127	420	64	6,46	0,45	9,9	185	208	1	550	3	194 × 264 × 208	177 × 214
УМ-61-65/47.2	127	281	64	4,34	0,45	14,7	306	140	1	550	5	194 × 264 × 208	177 × 214
УМ-61-65/47.3	127	210	64	3,23	0,45	19,8	670	104	2	550	5	194 × 264 × 208	177 × 214

Продолжение

Тип	$U_{\sim c}$, *в*	$P_н$, *вт*	$U_н$, *в*	$I_н$, *а*	$I_{мин}$, *а*	$R_н$, *ом*	$k_{ур}$	$AW_{упр}$	$k_ф$	Число витков обмотки управления	Количество обмоток управления	Размеры (ширина × высота × глубина), *мм*	Установочные размеры, *мм*
УМ-62-65/47.4	127	565	64	8,65	0,68	7,4	270	187	1	550	3	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-62-65/47.5	127	486	64	7,42	0,68	8,6	280	161	1	550	5	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-62-65/47.6	127	352	64	5,15	0,68	12,4	560	116	2	550	5	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-63-65/47.8	127	568	64	8,64	0,9	7,4	378	141	1	550	5	194 × 330 × 208	177 × 214
УМ-63-65/47.9	127	430	64	6,5	0,9	9,8	700	106	2	550	5	194 × 330 × 208	177 × 214
УМ-61-65/47.10	220	420	110	3,72	0,26	29,6	190	208	1	550	3	194 × 264 × 208	177 × 214
УМ-61-65/47.11	220	315	110	2,8	0,26	39,4	242	156	1	550	5	194 × 264 × 208	177 × 214
УМ-61-65/47.12	220	217	110	1,92	0,26	57,2	460	107	2	550	5	194 × 264 × 208	177 × 214
УМ-62-65/47.13	220	625	110	5,56	0,39	19,8	250	207	1	550	3	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-62-65/47.14	220	486	110	4,32	0,39	25,5	286	161	1	550	5	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-62-65/47.15	220	338	110	3,0	0,39	36,7	585	112	2	550	5	194 × 295 × 208	177 × 214
УМ-63-65/47.16	220	840	110	7,4	0,52	14,9	292	208	1	550	3	194 × 330 × 208	177 × 214
УМ-63-65/47.17	220	626	110	5,58	0,52	19,7	400	156	1	550	5	194 × 330 × 208	177 × 214
УМ-63-65/47.18	220	455	110	4,0	0,52	27,5	690	112	2	550	5	194 × 330 × 208	177 × 214
УМС-61-65/48.1	127	755	108	7,0	0,73	15,5	30	1550	1	1450	1	201 × 280 × 224	177 × 190
УМС-62-65/48.2	127	1170	108	10,8	1,1	10	38,7	1590	1	1450	1	201 × 320 × 224	177 × 190
УМС-63-65/48.3	127	1590	108	14,7	1,47	7,35	45	1620	1	1450	1	201 × 360 × 224	177 × 190
УМС-61-65/48.4	220	740	185	4,0	0,425	46,3	30,6	1530	1	1450	1	201 × 280 × 224	177 × 190
УМС-62-65/48.5	220	1200	185	6,5	0,64	28,4	37	1650	1	1450	1	201 × 320 × 224	177 × 190
УМС-63-65/48.6	220	1500	185	8,1	0,85	22,8	46,6	1550	1	1450	1	201 × 360 × 224	177 × 190
УМС-71-65/49.1	127	2000	108	18,4	1,84	5,9	60	2120	1	1100	1	256 × 334 × 268	228 × 240
УМС-72-65/49.2	127	2880	108	26,7	2,67	4,05	78	2070	1	1100	1	256 × 391 × 268	228 × 240
УМС-73-65/49.3	127	3900	108	36,0	3,6	3,0	92	2080	1	1100	1	256 × 447 × 268	228 × 240
УМС-71-65/49.4	220	1960	185	10,6	1,06	17,5	58	2140	1	1100	1	256 × 334 × 268	228 × 240
УМС-72-65/49.5	220	2870	185	15,5	1,55	12,0	78	2080	1	1100	1	256 × 391 × 268	228 × 240
УМС-73-65/49.6	220	3800	185	20,6	2,06	9,0	88	2100	1	1100	1	256 × 447 × 268	228 × 240

Таблица 7-705

Тип	Переменное напряжение, *в*	Ток нагрузки, *а*	Сопротивление нагрузки, *ом*	Коэффициент кратности тока	Коэффициент регулирования	Размеры (ширина × высота × глубина), *мм*	Вес, *кг*
ТУМ-А1	36	0,15	105	20	47	100 × 90 × 100	0,9
ТУМ-А2	36	0,30	65	20	54	100 × 90 × 100	0,1
ТУМ-А3	36	0,60	33	20	61	100 × 105 × 100	1,4
ТУМ-А3	100	0,09	700	10	25	100 × 105 × 100	1,4
ТУМ-А4	127	0,30	275	20	61	124 × 110 × 124	2,1
ТУМ-А4	220	0,17	875	20	61	124 × 110 × 124	2,1
ТУМ-А5	127	0,55	150	20	66	124 × 125 × 124	2,7
ТУМ-А5	220	0,275	525	20	64	124 × 125 × 124	2,7
ТУМ-Б1	36	0,15	105	20	47	100 × 88 × 100	1,8
ТУМ-Б2	36	0,30	65	20	54	100 × 88 × 100	1,8
ТУМ-Б3	36	0,60	33	20	61	100 × 100 × 100	2,2
ТУМ-Б4	127	0,30	275	20	61	124 × 100 × 124	3,1
ТУМ-Б4	220	0,17	875	20	61	124 × 100 × 124	3,1
ТУМ-Б5	127	0,55	150	20	66	124 × 118 × 124	4,3
ТУМ-В1 · 16	36	0,15	105	20	47	100 × 35 × 100	1,3
ТУМ-В1 · 24	36	0,15	105	20	47	100 × 70 × 100	1,2

Таблица 7-71. Блоки магнитных усилителей БЦ

Блоки магнитных усилителей предназначены для усиления и суммирования сигналов управления в системах автоматического регулирования. Блоки состоят из двух магнитных усилителей, понижающего трансформатора, германиевых диодов, сопротивлений, конденсаторов и двух панелей с зажимами. Схемы блоков — мостовые, двухтактные (мост создается нагрузочными обмотками магнитных усилителей) с выходом на постоянном токе.

Блоки могут быть применены в качестве предварительного каскада усиления в схемах с электромашинной автоматикой. Могут применяться в ЭМУ-25, ЭМУ-50, ЭМУ-100 и ЭМУ-110, а также в схемах реверсивного ионного электропривода (в этом случае к выходу блока подключают обмотки управления двух статических фазорегуляторов). Размеры, *мм*: ширина 493, высота 198, глубина 312. Вес 25 *кг*.

Тип	U питания, *в*	I нагрузки, *ма*	R нагрузки, *ом*	Балластное сопротивление, *ом*	Цепи управления											
					У11-У12		У21-У22		У31-У32		У41-У42		У51-У52		У61-У62	
					$I_н$, *ма*	$I_{длит}$, *ма*	R, *ом*	$I_н$, *ма*	$I_{длит}$, *ма*	R, *ом*	$I_н$, *ма*	$I_{длит}$, *ма*	R, *ом*	$I_н$, *ма*	$I_{длит}$, *ма*	R, *ом*
БД-ТА4-127.11 [1]	127	300	125	137	5	100	206	5	52	400	5	74	268	12	52	164
БД-2ТА4-127.22 [2]	127	300	125	137	6	120	1250	19	220	400	7	51	2500	7	51	630
БД-2ГА4-220.11 [1]	220	300	125	137	5	100	206	5	52	400	5	74	268	12	52	164
БД-2ГА4-220.22 [2]	220	300	125	137	6	120	1250	19	220	400	7	51	2500	7	51	630
БД-2ГА4-380.11 [1]	380	300	125	137	5	100	206	5	52	400	5	74	268	12	52	164
БД-2ГА4-380.22 [2]	380	300	125	137	6	120	1250	19	220	400	7	51	2500	7	51	630
БД-2ГА5-127.13 [1]	127	550	68	75	5	48	600	7	48	460	7	48	440	9	48	330
БД-2ГА5-127.21 [2]	127	550	68	75	10	100	1200	10	72	600	7	72	2550	17	72	460
БД-2ГА5-220.13 [1]	220	550	68	75	5	48	660	7	48	460	7	48	410	9	48	330
БД-2ГА5-220.21 [2]	220	550	68	75	10	160	1200	10	72	600	7	72	2550	17	72	460
БД-2ГА5-380.13 [1]	380	550	68	75	5	48	660	7	48	460	7	48	410	9	48	330
БД-2ГА5-380.21 [2]	380	550	68	75	10	160	1200	10	72	600	7	72	2550	17	72	460

Примечания к табл. 7-71. [1] Без встроенных добавочных сопротивлений в цепях управления. [2] С встроенными добавочными сопротивлениями в цепях управления.

АППАРАТЫ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

§ 7-18. Выключатели, разъединители и предохранители ВН

Таблица 7-72. **Выключатели высокого напряжения**

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
Автогазовые выключатели нагрузки (ВН, ВНП) и выключатели (ВГ) внутренней установки											
ВН-16	6	400	14,5	25	6	0,8	8,3	36	—	ПС-10м, ПР-17, ПРА-17	500×350 (4 отв) [1]
ВН-16	10	200	14,5	25	6	0,4	6,9	36	—		
ВНП-16	6	400	14,5	25	6	0,8	8,3	64	—	То же	500 × (735 — 890) [1] или 500 × (703 — 858)
ВНП-16	10	200	14,5	25	6	0,4	6,9	64	—		
ВПН-17	6	400	14,5	25	6	0,8	8,3	64	—	То же	500 × (735 — 890) [1]
ВПН-17	10	200	14,5	25	6	0,4	6,9	64	—		

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
ВГ-10	6	400	30	52	10	19	200	300	—	ПС-10 м	1700 × 960 × 591 (1136 × 567; 4 отв. ⌀ 21)
ВГ-10	10	400	30	52	10	19	300	300	—	ППР-21	
Выключатели масляные внутренней установки											
ВМЭ-6	3	200	10	16,8	6	3,3	17	55	15	ПРБА или ПМ-10	595 × 350 × 360 (320 × 240)
ВМЭ-6	6	200	10	16,8	6	1,4	15	55	15		
ВМБ-10	3	200	10	16,8	6	10	50	120	50	ПС-10 ПРА-10 ПРАМ-10	862 × 645 × 510 (270 × 510; 4 отв. ⌀ 18)
ВМБ-10	3	600	15	25	10	10	50	100	50		
ВМБ-10	3	1000	15	25	10	10	50	115	50		
ВМБ-10	6	200	15	25	6	9,7	100	120	50		
ВМБ-10	6	400	15	25	10	9,7	100	125	50		
ВМБ-10	6	600	15	25	10	9,7	100	100	50		
ВМБ-10	6	1000	15	25	10	9,7	100	115	50		
ВМБ-10	10	200	15	25	6	5,7	100	120	50		
ВМБ-10	10	400	15	25	10	5,7	100	125	50		
ВМБ-10	10	600	15	25	10	5,7	100	100	50		
ВМБ-10	10	1000	15	25	10	5,7	100	115	50		

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
ВМГ-133-I [2]	3	600	30	52	14	20	100	170	5	ПС-10; ПРБА	1400 × 934 × 495 или 1400 × 934 × 574 (1065 × 500; 4 отв. ⌀ 18)
ВМГ-133-I [2]	6	600	30	52	14	20	200	170	5		
ВМГ-133-I [2]	10	600	30	52	14	11,6	200	170	5		
ВМГ-133-II [3]	3	600	30	52	14	20	100	190	10		
ВМГ-133-II [3]	6	600	30	52	14	20	200	190	10		
ВМГ-133-II [3]	10	600	30	52	14	20	350	190	10		
ВМГ-133-III [3]	3	1000	30	52	14	20	100	190	10		
ВМГ-133-III [3]	6	1000	30	52	14	20	200	190	10		
ВМГ-133-III [3]	10	1000	30	52	14	20	350	190	10		
МГГ-10-I [2]	6	2000	43,5	75	20	29	300	580	20	ПЭ-2	1750 × 140 × 900 (600 × 700; 4 отв. ⌀ 24)
МГГ-10-I [2]	10	2000	43,5	75	20	29	500	580	20		
МГГ-10-II [2]	6	3000	43,5	75	20	29	300	600	20		
МГГ-10-II [2]	10	3000	43,5	75	20	29	500	600	20		
МГГ-10-750 [4]	10	2000	70	120	30	42	750	700	25	ПЭ-21	1515 × 980 × 950
МГГ-10-750 [4]	10	3000	70	120	30	42	750	700	25		1535 × 980 × 950
МГГ-10-750 [4]	10	4000	70	120	42	42	750	2150	25		

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
МГГ-229 [5]	6	4000	116	200	85	90	940	2150	55	ПС-30	2935 × 1840 × 1234
МГГ-229 [5]	6	5000	116	200	85	90	940	2150	55		
МГГ-229 [5]	10	4000	116	200	85	90	1500	2150	55		
МГГ-229 [5]	10	5000	116	200	85	90	1500	2150	55		
МГГ-20 [6]	20	5000	144	250	85	72	2500	2300	55	ПС-31	3100 × 2040 × 1240
МГГ-20 [6]	20	6000	144	250	85	72	2500	2300	55		
МГ-10 [2]	10	5000	175	300	70	105	1800	2045	55		2940 × 1840 × 1234
МГ-20	20	6000	175	300	85	105	3000	2345	55	ПС-31; ПВ-30	3100 × 2040 × 1234
МГ-35В [2]	35	600	14,5	25	7	6,6	500	930	35	ПС-20	2510 × 2636 × 920
Выключатели масляные наружной установки											
ВМ-35 [7]	20	600	10	17,3	7,1	6,6	230	1045	300	ШНР-35	Высота 2500 (1795 × 860; 4 отв. ⌀ 22)
ВМ-35 [7]	35	600	10	17,3	7,1	6,6	400	1045	300	ШНР-35	
ВМД-35 [7]	20	600	10	17,3	7,1	6,6	230	1025	300	ШПС-10	
ВМД-35 [7]	35	600	10	17,3	7,1	6,6	400	1025	300		
ВМД-35-600 [7]	20	600	—	—	—	—	—	1100	330		
ВМД-35-600 [7]	35	600	—	—	—	—	600	1100	330		

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
ВМР-35-600 [7]	20	600	—	—	—	—	—	1100	330	ШПР	—
ВМР-35-600 [7]	35	600	—	—	—	—	600	1100	330	ШПР	—
МКП-35-1000	20	1000	24	45	11,7	16,5	570	2600	800	ШПЭ-2	Высота 3000 + 25 *мм* (2120 × 1114; 4 отв.)
МКП-35-1000	35	1000	24	45	11,7	16,5	1000	2600	800	ШПЭ-2	
МКП-35-1250 [2]	20	1000	31	53	17,5	20,7	720	2700	800	ШПЭ-31	
МКП-35-1750 [2]	35	1000	31	53	17,5	20,7	1250	2700	800		
МКП-35-1500	20	1000	36	63	18	24,7	860	2700	800		
МКП-35-1500	35	1000	36	63	18	24,7	1500	2700	800		
МКП-110М	110	600; 1000	29	50	13	18,4	3500	9830 (без вводов)	8500	ШПЭ-33	Высота 4515 ⌀ основания 1550 (три полюса)
МКП-110МП	110	600; 1000	29	50	13	18,4	3500	3500 × 3 (без вводов)	2840 × 3	Три ШПЭ-31	То же (пополюсное управление)

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
МКП-220 [8]	220	600	29	50	13	9,2	3500	1100 × 3 (без вводов)	16000×3	Три ШПЭ-42	Высота 5600 (без вводов), ⌀ основания 2690
МКП-220-5	220	600	29	50	13	13,2	5000	1100×3	16000×3	Три ШПЭ-42 или три ШПЭ-44	
Выключатели маломасляные наружной установки											
МГ-35	35	600	14,5	25	7	8,2	500	930	35	ШПС-20	2510 × 2940 × 920
МГ-110	110	600	30	49	14	13,2	2500	3000	600	ШПС-30	2650 × 4800 × 2200
Выключатели безмасляные											
ВВ-15	10	5500	144	250	—	85	1750	3000	—	—	3425 × 2067 × 1330
ВВ-15	13,8	5500	144	250	—	85	2000	3000	—	—	

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
ВВН-35	35	600	24	42	12	16,5	1000	1200	—	—	2660 × 1854 × 1025
ВВН-35	35	1000	24	42	12	16,5	1000	1200	—	—	
ВВ-35П для печных установок	35	600	24	42	12	16,5	1000	1400	—	—	
ВВ-35П для печных установок	35	1000	24	42	12	16,5	1000	1400	—	—	
ВВН- 35/2000-2000	35	2000	—	—	—	—	1000	—	—	—	—
ВВН-110/800-4000	110	800	32	55	15	21	4000	5900	—	—	3950 × 5400 × 3000
ВВН-110/2000-4000	110	2000	32	55	15	21	4000	7050	—	—	4100 × 5400 × 3000
ВВН-110/2000-6000	110	2000	46	80	20	31,5	6000	8660	—	—	4783 × 5400 × 3645
ВВН-154/800-6000	154	800	26	45	12	15	6000	7560	—	—	4900 × 6400 × 3000
ВВН-154/800-6000	154	800	37	64	18	—	6000	7900	—	—	4760 × 1406 × 3000 (полюса)
ВВН-154/2000-6000	154	2000	37	64	18	—	6000	7900	—	—	
ВВН-220/1000-7000	220	1000	23	40	10	13,1	7000	17680	—	—	7170 × 1000 × 4600
ВВН-220/2000-7000	220	2000	32	55	12	18,4	7000	—	—	—	7590 × 8710 × 5620
ВВН-220/2000-10000	220	2000	—	—	—	—	10000	—	—	—	—

Продолжение

Тип	Номинальные		Предельный сквозной ток, *ка*		Ток термической устойчивости 10-секундный, *ка*	Ток и мощность отключения		Вес, *кг*		Тип привода	Высота × ширина × глубина (установочные размеры), *мм*
	U, *кв*	*I*, *а*	эффективное значение	амплитуда		*ка*	*Мва*	выключатель без масла	масло		
ВВ-400	400	2000	20	35	10	14,5	10000	60000	—	—	11170 × 17000 × 8240
ВВ-400-15	400	2000	2	—	—	—	15000	65000	—	—	—

Примечания к табл. 7-72. [1]) Установочные размеры. Далее установочные размеры приводятся в скобках. [2]) Производство прекращено. [3]) Выключатели ВМГ-133 будут постепенно заменяться на ВМП-10-600/350, ВМП-10-1000/350, ВМП-10-1500/350 на номинальные токи соответственно 600; 1000 и 1500 *а*; разрывная мощность 350 *Мва*; вес без масла соответственно 140, 145, 160 *кг*; вес масла 4,5 *кг*, привод ПЭ-11 или ПРПА. [4]) Начат выпуск выключателей МГГ-10-2000/500, МГГ-10-3000/500, МГГ-10-3000/750 и МГГ-10-4000/750 на 10 *кв*, соответственно на токи 2000; 3000; 3000 и 4000 *а*; разрывную мощность 500; 500; 750; 750 *Мва*; вес без масла 580; 680; 700; 750 *кг*; вес масла 20; 20; 25; 25 *кг*; привод ПЭ-2. [5]) Заменяются на МГ-10 (10 *кв*, 5000 *а*, с электромагнитным приводом ПС-31 или пневматическим ПВ-30; мощность отключения 1800 *Мва* при 10 *кв*). [6]) Заменяются на МГ-20. [7]) Заменены на: ВМО-35-680 ($U_н = 27{,}5$ *кв*; $I_н = 1000$ *а*; разрывная мощность 680 *Мва*; вес без масла 1100 *кг*, масла — 270 *кг*; привод ШПЭ-31); ВБ-35-600 ($U_н = 35$ *кв*; $I_н = 600$ *а*; разрывная мощность 600 *Мва*, вес без масла 1100 *кг*, масла — 300 *кг*; привод ШНР-35); ВБД-35-600 (то же, что ВБ-35-600, но вес без масла 1080 *кг*; привод ШПС-10). [8]) Производство прекращено. Начат выпуск МКП-220-7 на 220 *кв*, 1000 *а*; разрывная мощность 7000 *Мва*; вес без масла 11 000 *кг* × 3, вес масла 10 000 *кг* × 3; три привода ШПЭ-42 или три привода ШПЭ-44. Также начат выпуск МКП-500-12 на 500 *кв*, 1000 *а*; разрывная мощность 12000 *Мва*; вес без масла 25 400 *кг* × 3, вес масла 19 400 *кг* × 3; три привода ШПЭ-42 или ШПВ-50.

Таблица 7-73. **Разъединители внутренней установки** [1]

Тип	Предельный сквозной ток, *ка*		10-секундный ток термической устойчивости, *ка*	Вес, *кг*	Тип привода	Установочные размеры, *мм*
	эффективное значение	амплитуда				
Однополюсные единой серии						
РВО-6/400	29	50	10	8,4	Шальштанга	430 (2 отв. ⌀ 14)
РВО-6/600	35	60	14	9	»	То же
РВО-10/400	29	50	10	8,6	»	» »
РВО-10/600	35	60	14	9,2	»	» »
РВО-10/1000	71	120	28	12,7	»	134 (2 отв. ⌀ 18)
РЛВО-10/1000	47	80	28,5	20	То же и ПР-3	346 × 210 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВО-10/2000	50	85	36	25	» » и ПР-3	346 × 210 (4 отв. ⌀ 18)
Трехполюсные единой серии						
РВ-6/400	29	50	10	27	} ПР-10-1 или	546 × 280 (4 отв.)
РВ-6/600	35	60	14	28,5	} ПР-11-1	546 × 280 (4 отв.)
РВ-10/400	29	50	10	30	ПР-2	646 × 280 (4 отв.)
РВ-10/600	35	60	14	31,5	ПР-10-II	646 × 280 (4 отв.)
РВ-10/1000	71	120	28	56	ПР-11-II; ПР-3	985 × 280 (4 отв.)
РВЗ-6/400	29	50	10	—	ПР-2	546 × 280 (4 отв.)
РВЗ-6/600	35	60	14	—	ПР-2	546 × 280 (4 отв.)
РВЗ-10/400	29	50	10	—	ПР-2	646 × 280 (4 отв.)
РВЗ-10/600	35	60	14	—	ПР-2	646 × 280 (4 отв.)
РВФ-6/400	29	50	10	33	ПР-2	580 × 280 (4 отв.)
РВФ-6/600	35	60	14	35	ПР-2	580 × 280 (4 отв.)
РВФ-10/400	29	50	10	36	ПР-2	680 × 280 (4 отв.)
РВФ-10/600	35	60	14	38	ПР-2	680 × 280 (4 отв.)
РВТ-24 [2]	49	84	28	81	ПР-10-II; ПР-11-II	985 × 320 (4 отв. ⌀ 16,5)

Продолжение

Тип	Предельный сквозной ток, *ка*		10-секундный ток термической устойчивости, *ка*	Вес, *кг*	Тип привода	Установочные размеры, *мм*
	эффективное значение	амплитуда				
Усиленные, исполнение в виде отдельных полюсов						
РВУ-10/3000 [3]	120	200	85	212	ПР-3	350 × 170 (4 отв. ⌀ 18)
РВУ-10/4000 [3]	120	200	85	230	ПЧ-50	350 × 170 (4 отв. ⌀ 18)
РВК-10/3000	120	200	60	42	МРВ, ПЧ-50	490 × 180 (4 отв. ⌀ 18)
РВК-10/4000	120	200	65	54	МРВ, ПЧ-50	490 × 180 (4 отв. ⌀ 18)
РВК-10/5000	120	200	—	—	МРВ, ПЧ-50	— —
РО-20/5000 [3]	120	200	85	—	ПЧ-50	450 × 285 (4 отв. ⌀ 18)
РО-20/6000 [3]	144	250	85	—	ПЧ-50	630 × 370 (4 отв.)
РВК-20/5000	120	200	70	100	МРВ, ПЧ-50	490 × 180 (4 отв. ⌀ 18)
РВК-20/6000	145	250	75	158	МРВ, ПЧ-50	490 × 180 (4 отв. ⌀ 18)
РВК-20/7000	125	320	80	170	МРВ, ПЧ-50, ПДВ	490 × 350 (4 отв.)
Трехполюсные серии РЛВ						
РЛВ-III-10/1000	47	80	28,5	75	ПР-3	910 × 346 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВ-III-10/2000	50	85	36	85	ПР-3	910 × 346 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВ-III-10/3000	81	140	50	185	ПР-3	966 × 346 (4 отв. ⌀ 20)
РЛВ-III-20/400	27	45	10	70	ПР-3	800 × 480 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВ-III-35/400	30	50	10	100	ПР-3	1100 × 635 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВ-III-35/600	30	50	14	101	ПР-3	1100 × 635 (4 отв. ⌀ 18)
РЛВ-III-35/1000	46	80	20	165	ПР-3	1160 × 635 (4 отв. ⌀ 18)

Примечания к табл. 7-73. [1]) В обозначении типа первое число до косой черты указывает номинальное напряжение (*кв*), второе (после косой черты) — номинальный ток (*а*); буква З означает с заземляющим ножом, буква Ф — фигурные (исполнения II, III и IV). [2]) Номинальное напряжение и ток разъединителя РВТ-24: $U = 6$ *в*, $I = 1000$ *а*. Производство РВО-24 (однополюсных) и РВТ-24 прекращено. [3]) Производство прекращено.

Таблица 7-74. Разъединители наружной установки

Разъединители наружной установки трехполюсные, выполнены в виде отдельных полюсов

Тип [1])	Номинальное напряжение, *в*	Номинальный ток, *а*	Привод
РЛНД-10/200	10	200	Ручной ПРН-10М
РЛНД-10/400	10	400	Ручной ПРН-10М
РЛНД-10/600	10	600	Ручной ПРН-10М
РОН-10к/400	10	400	Ручной червячный НЧН
РЛНД-35/600	35	600	Ручной ПРН-110М
РЛНД-35/1000	35	1000	Ручной РПН-110М
РЛНД-1а-35/600	35	600	Ручной РПНЗ-35М
РЛНД-1б-35/600	35	600	Ручной ПРНЗ-35П
РЛНД-1а-35/1000	35	1000	Ручной ПРНЗ-35М
РЛНД-1б-35/1000	35	1000	Ручной ПРНЗ-35П
РЛНД-2-35/600	35	600	Ручной ПРН-220М
РЛНД-2-35/1000	35	1000	Ручной ПРН-220М
РЛНД-35П/600	35	600	Электродвигательный ПДН-35
РЛНД-35П/100	35	1000	То же
РЛНД-1а-35П/600	35	600	То же
РЛНД-1а-35П/1000	35	1000	То же
РОНЗ-1а-35Д/2000	35	2000	Ручной ПРНЗ-35П
РОНЗ-1б-35Д/2000	35	2000	Ручной ПРНЗ-35М
РОНЗ-2-35Д/2000	35	2000	Ручной ПРН-220М
РЛНД-110/600	110	600	Ручной ПРН-110М
РЛНД-110/1000	110	1000	Ручной ПРН-110М
РЛНД-1а-110/600	110	600	Ручной ПРНЗ-35П
РЛНД-1б-110/600	110	600	Ручной ПРНЗ-35М
РЛНД-1а-110/1000	110	1000	Ручной ПРНЗ-35П
РЛНД-1б-110/1000	110	1000	Ручной ПРНЗ-35М
РЛНД-2-110/600	110	600	Ручной ПРН-220М
РЛНД-2-110/1000	110	1000	Ручной ПРН-220М
РЛНО-110М/600 (I и III)	110	600	Ручной ПРН-110
РЛНО-110М/1000 (I и III)	110	1000	Ручной ПРН-110
РЛНО-110М/600 (II)	110	600	Ручной ПРН-110
РЛНО-110М/1000 (II)	110	1000	Ручной ПРН-110
РОН-110Д-2000	110	2000	Ручной ПРН-110М

Продолжение

Тип [1]	Номинальное напряжение, *в*	Номинальный ток, *а*	Привод
РОНЗ-1а-110Д/2000	110	2000	Ручной ПРНЗ-35П
РОНЗ-1б-110Д/2000	110	2000	Ручной ПРНЗ-35М
РЛНД-1а-110П/600	110	600	Электродвигательный ПДН-220
РЛНД-1а-110П/1000	110	1000	
РЛНД-1б-110П/600	110	600	Электродвигательный ПДН-220
РЛНД-1б-110П/1000	110	1000	
РЛНД-2-110П/600	110	600	Электродвигательный ПДН-220
РЛНД-2-110П/1000	110	1000	
РОНЗ-2-110Д/2000	110	2000	Ручной ПРН-220М

Примечание к табл. 7-74. [1] Д — двухколонковые, 1а — с одним заземляющим ножом со стороны главного ножа с ламелями, 1б — с одним заземляющим ножом со стороны главного ножа без ламелей, П — со специальной передачей, 2 (после буквенного обозначения) — с двумя заземляющими ножами.

Таблица 7-75. **Отделители, короткозамыкатели, заземлители наружной установки и приводы к ним**

Тип	Наименование	Напряжение, *кв*	Размеры одного полюса, *мм*	
			ширина	высота
ОД-110	Отделители трехполюсные, $I_н$ = 600 *а*, управление ручным автоматическим приводом ШПО, работают на отключение	110	1500	1486
ОДВ-110	То же, работают на включение .	110	1500	1486
ОД-220	Отделители трехполюсные с полюсным управлением автоматическим приводом типа ШППО, с автоматическим отключением и дистанционным включением, $I_н$ = 600 и 1000 *а*	220	—	—
КЗ-35	Короткозамыкатели двухполюсные, исполнение в виде отдельных полюсов, управление ручным автоматическим приводом ШПК	35	—	—
КЗ-110	То же, однополюсные	110	700	1450
КЗ-220	То же, однополюсные	220	—	—
ЗОН-110	Заземлители однополюсные $I_н$ = 400 *а*, управление ручным приводом ПРН-10 с измененной рукояткой	110	675	1790

Таблица 7-76. **Предохранители высокого напряжения** [1])

В обозначении типа первое число — номинальное напряжение в *кв*, второе — номинальный ток в *а*.

Тип	Отключаемый ток		Наибольшие		Вес, *кг* (с патроном) [2])	Размеры [3]), *мм*		
	предельный, *ка*	наименьший (в долях номинального)	разрывная мощность трехфазная, *Мва*	пик тока, *ка*		длина	ширина основания	высота
Силовые внутренней установки [1])								
ПК-3/7,5	40	—	300	21,5	3,37	321	77	183
ПК-3/30	40	—	300	24,5	3,36	321	77	183
ПК-3/100	40	1,3	300	24,5	4,51	366	77	213
ПК-3/200	40	1,3	300	35,0	6,38	366	77	290
ПК-3/400	40	1,3	300	50,0	11,23	395	77	290
ПК-6/7,5	20	—	300	6,7	3,82	421	77	183
ПК-6/30	20	—	300	6,7	3,81	421	77	183
ПК-6/75	20	1,3	300	14	5,11	466	77	213
ПК-6/150	20	1,3	300	25	7,57	466	77	290
ПК-6/300	20	1,3	300	35	13,61	495	77	290
ПК-10/7,5	12	—	300	5,5	4,83	521	82	203
ПК-10/30	12	—	300	5,5	4,82	521	82	203
ПК-10/50	12	1,3	300	8,6	6,36	566	82	233

Продолжение

Тип	Отключаемый ток		Наибольшие		Вес, *кг* (с патроном) [2]	Размеры [3], *мм*		
	предельный, *ка*	наименьший (в долях номинального)	разрывная мощность трехфазная, *Мва*	пик тока, *ка*		длина	ширина основания	высота
ПК-10/100	12	1,3	300	15,5	9,42	566	82	310
ПК-10/200	12	1,3	300	24,0	16,61	595	82	310
ПК-35/10	3,5	—	300	1,8	17,46	760	130	463
ПК-35/20	3,5	3	300	2,8	19,9	805	130	493
ПК-35/40	3,5	3	300	4,2	24,74	805	130	570
Для тр-ров напряжения внутренней установки [4]								
ПКТ-10	—	—	—	160	4,06	321	82	203
ПКТ-10	—	—	—	300	4,06	321	82	203
ПКТ-10	50	—	1000	1000	4,06	321	82	203
ПКТУ-10	—	—	—	1000	4,06	321	82	203
ПКТ-20	—	—	—	350	13,0	560	130	378
ПКТ-20	30	—	1000	850	13,0	560	130	378
ПКТУ-20	—	—	—	850	13,0	560	130	378
ПКТ-35	17	—	1000	700	17,46	760	130	463
ПКТУ-35	—	—	—	700	17,46	760	130	463
Силовые наружной установки типов ПК-Н								
ПК-6Н/7,5	—	—	—	—	7,06	436	80	258
ПК-6Н/30	—	—	—	—	7,05	436	80	258
ПК-10Н/7,5	—	—	—	—	7,36	536	80	258
ПК-10Н/30	—	—	—	—	7,36	536	80	258

Продолжение

Тип	Отключаемый ток		Наибольшие		Вес, *кг* (с патроном) [2]	Размеры [3], *мм*		
	предельный, *ка*	наименьший (в долях номинального)	разрывная мощность трехфазная, *Мва*	пик тока, *ка*		длина	ширина основания	высота
Силовые наружной установки типов ПР-35								
ПР-35-2	0,06	—	—	—	76	1040	⌀370	956
ПР-35-3	0,06	—	—	—	76	1040	⌀370	956
ПР-35-5	0,06	—	—	—	76	1040	⌀370	956
ПР-35-7,5	0,06	—	—	—	76	1040	⌀370	956
Для тр-ров напряжения наружной установки [5]								
ПР-35ТН	0,06	—	—	—	76	1040	⌀370	956
Стреляющие наружной установки [6]								
ПСН-10	—	120	—	—	23	740	⌀165	490
ПСН-10	11,5	200	—	—	23	740	⌀165	490
ПСН-35	8,25	500	—	—	84	1040	⌀370	708

Примечания к табл. 7-76. [1]) Шкала номинальных токов плавких вставок для предохранителей: 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400 *а*. [2]) Для предохранителей ПК вес указан без цоколя. [3]) Габаритные размеры предохранителей типов ПК, ПКТ, ПКТУ и ПК-Н приведены без цоколя. [4]) Усиленные предохранители, обладающие неограниченной отключающей способностью (ПКТУ-10, ПКТУ-20, ПКТУ-35), выполняются по особому заказу. [5]) Поставляются с добавочным сопротивлением типа СДН-35 (35 *кв*, 396 *ом*, вес 84 *кг*, размеры 880 × 697 × 300 *мм*). [6]) Номинальный ток плавких вставок 7,5 ÷ 100 *а*. Конструкция предохранителей ПСН основана на использовании дугогасящих свойств винипласта (полихлорвинила), выделяющего газ под воздействием дуги.

Таблица 7-77. Блоки «предохранитель-выключатель» БПВ и «выключатель» БВ

Блоки БПВ — коммутационно-защитные аппараты; блоки БВ — коммутационные аппараты. Предназначены также для комплектования щитов серии ЩОБ59, пунктов распределительных серии ПРБ59 и ящиков серии ЯБПБ.

В блоках БПВ включение и отключение осуществляется патронами ПНГ, которым рычажным приводом сообщается прямолинейное движение. Двойной разрыв цепи обеспечивает значительно большую коммутационную способность, чем у рубильников, и гарантирует надежное включение и отключение $I_н$ при $\cos\varphi = 0{,}8$ и $U_н = 380$ *в* (надежность коммутации существенно не снижается и при $\cos\varphi$ в пределах 0,5—0,8).

Тип	$I_н$, *а*	Размеры, *мм* (ширина × высота × глубина) [1]	Вес, *кг*
БПВ-1	100	250 × 350 × 215	8,2
БПВ-2	250	350 × 350 × 240	11,4
БПВ-4	400	350 × 350 × 240	13,3
БПВ-6	600	500 × 350 × 305	28,0
БВ-2	200	250 × 350 × 215	7,7
БВ-2,5	250	350 × 350 × 240	10,5
БВ-4	400	350 × 350 × 240	11,3
БВ-6	600	500 × 350 × 305	15,0
БВ-10	1000	500 × 350 × 305	25,3

Примечание к табл. 7-77. [1] Без учета рукоятки.

§ 7-19. Измерительные трансформаторы

Таблицы 7-78а и б. **Трансформаторы тока**

Шкала номинальных первичных токов: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10 000, 15 000. Номинальный вторичный ток 5 *а*. Обозначения: Т — трансформатор тока, К — катушечный, М — модернизированный, Л — с литой изоляцией, Ш — шинный, В — встроенный, П—проходной, О — одновитковый, У — усиленный, Н — низкого напряжения (ТНШ) и наружной установки (ТФН), Ф — с фарфоровой изоляцией, Д — для дифференциальной защиты.

Таблица 7-78а

Тип	Номинальные		Сердечники, класс точности	Устойчивость (кратность)		Вес, *кг*	Установочные размеры, *мм*
	напряжение, *кв*	первичный ток, *а*		термическая (односекундная)	динамическая		
Для внутренней установки							
О-49у [1]	0,5	5 ÷ 300	0,5	50	100	1,3 ÷ 1,65	48
ТКМ-05 [1]	0,5	5 ÷ 300	0,5	50	100	1,3 ÷ 1,65	58 × 74
ТКЛ-05 [1]	0,5	5 ÷ 200	0,5	75	130	3	102 × 76
ТШЛ-05 [1]	0,5	5 ÷ 200	0,5	50	—	1,9	76 × 80
ТВЛ-6 [1]	6	10 ÷ 400	3	75	60 ÷ 225	5	62 × 88
ТК-48	0,5	50 ÷ 200	0,5	60	100	2	147
ТНШ-1	0,5	750 ÷ 7500	0,5	70	—	8,5 ÷ 14	150 × 100
ТНШ-3	0,5	7500 ÷ 25 000	3	180	—	25 ÷ 170	230 ÷ 380 × 100 ÷ 120
ТПОФМ-10	10	5 ÷ 400	0,5	75	50 ÷ 165	28	445 × 170
ТПОФМУ-10	10	5 ÷ 300	0,5/1	110	105 ÷ 250	28	445 × 170
ТПОФ-10	10	600 ÷ 1500	0,5/1	80	100	29 ÷ 59	278 × 278
ТПОФУ-10	10	600 ÷ 1000	0,5/3	120	90 ÷ 166	38 ÷ 51	278 × 278
ТПОФД-10	10	600 ÷ 1500	—	80	60 ÷ 166	36 ÷ 55	278 × 278
ТПОФУД	10	600 ÷ 1000	—	120	90 ÷ 166	38 ÷ 55	278 × 278
ТПШФА	20	2000 ÷ 5000	0,5	75	—	80 ÷ 105	482 × 240
Для наружной установки							
ТФН	35	15 ÷ 1000	0,5/3	65	100	270	498 × 488
ТФН	110	50 ÷ 600	0,5/1	75	150	—	610 × 594

Примечание к табл. 7-78 а. [1]) Сняты с производства.

Таблица 7-786

Тип [1]	Номинальное напряжение, *в*	Коэффициент трансформации, *а*	Номинальная нагрузка, *ом*	Класс точности	Размеры, *мм* (ширина × высота × × глубина)	Вес, *кг*
ТК-10	500	5/5 ÷ 200/5 [2])	0,1	0,5	95 × 92 × 150	0,9 ÷ 1
ТК-10	500	300/5 и 400/5	0,1	0,5	84 × 92 × 125	1,1 и 0,95
ТК-10	500	600/5 и 800/5	0,1	0,5	95 × 108 × 180	1,4 и 1,6
ТК-10	500	1000/5	0,1	0,5	102 × 148 × 215	1,9
ТШ-10	500	300/5 и 400/5	0,1	0,5	84 × 92 × ок. 80	0,85 и 0,7
ТШ-10	500	600/5 и 800/5	0,1	0,5	95 × 108 × ок. 80	1 и 1,1
ТШ-10	500	1000/5	0,1	0,5	102 × 148 × ок. 80	1,55
ТК-15	500	5/5 ÷ 200/5 [2])	0,15	0,5	95 × 92 × 150	0,9 ÷ 1
ТК-15	500	300/5 и 400/5	0,15	0,5	84 × 92 × 125	1,1 и 0,95
ТК-15	500	600/5 и 800/5	0,15	0,5	95 × 108 × 180	1,4 и 1,6
ТК-15	500	1000/5	0,15	0,5	102 × 148 × 215	1,9
ТШ-15	500	300/5 и 400/5	0,15	0,5	84 × 92 × ок. 80	0,85 и 0,7
ТШ-15	500	600/5 и 800/5	0,15	0,5	95 × 108 × ок. 80	1 и 1,1
ТШ-15	500	1000/5	0,15	0,5	102 × 148 × ок. 80	1,55
ТК-20	500	5/5 ÷ 200/5 [2])	0,2	0,5	95 × 94 × 150	0,9 ÷ 1
ТК-20	500	300/5 и 400/5	0,2	0,5	84 × 92 × 125	1,1 и 0,95
ТК-20	500	600/5 и 800/5	0,2	0,5	95 × 108 × 180	1,4 и 1,6
ТК-20	500	1000/5	0,2	0,5	102 × 148 × 125	1,9
ТШ-20	500	300/5 и 400/5	0,2	0,5	84 × 92 × ок. 80	0,85 и 0,7
ТШ-20	500	600/5 и 800/5	0,2	0,5	95 × 108 × ок. 80	1 и 1,1
ТШ-20	500	1000/5	0,2	0,5	102 × 148 × ок. 80	1,55
ТК-40	500	5/5 ÷ 200/5 [2])	0,4	0,5	108 × 108 × 165	1,6
ТК-40	500	300/5 и 400/5	0,4	0,5	108 × 108 × 170	1,6
ТК-40	500	600/5 и 800/5	0,4	0,5	95 × 108 × 180	1,4 и 1,6
ТК-40	500	1000/5 и 1500/5	0,4	0,5	102 × 148 × 215	1,9 и 2,1
ТШ-40	500	600/5 и 800/5	0,4	0,5	95 × 108 × ок. 80	1 и 1,1
ТШ-40	500	1000/5 и 1500/5	0,4	0,5	102 × 148 × ок. 80	1,55 и 1,6

Продолжение

Тип [1]	Номинальное напряжение, *в*	Коэффициент трансформации, *a*	Номинальная нагрузка, *ом*	Класс точности	Размеры, *мм* (ширина × высота × × глубина)	Вес, *кг*
ТК-120	500	5/5 ÷ 200/5 [2]	1,2	1	112 × 108 × 165	2
ТК-120	500	400/5	1,2	1	112 × 108 × 170	2
ТК-120	500	600/5 и 800/5	1,2	1	100 × 108 × 180	1,7
ТК-120	500	1000/5 и 1500/5	1,2	1	102 × 148 × 215	1,9 и 2,1
ТШ1-120	500	800/5	1,2	1	100 × 108 × ок. 80	1,2
ТШ-120	500	1000/5 и 1500/5	1,2	1	102 × 148 × ок. 80	1,55 и 1,6
ТКЛ-20	660	5/5 ÷ 200/5 [2]	0,2	0,5	112 × 145 × 112	—
ТШЛ-20	660	300/5 и 400/5	0,2	0,5	94 × 120 × 116 [3] 102 × 113 × 98 [4]	—
ТКЛ-40	660	5/5 ÷ 400/5	0,4	0,5	130 × 150 × 130	—
ТШЛ-40	660	600/5 и 800/5	0,4	0,5	110 × 124 × 116 [3] 118 × 122 × 98 [4]	—
ТКЛ-05Т	500	5/5 ÷ 200/5 [2]	0,2	0,5	105 × ок. 150 × 133	3
ТКЛ-05Т	500	300/5	0,4	0,5	105 × ок. 150 × 133	3
ТШЛ-05Т	500	400/5	0,2	0,5	108 × 116 × 133 [3]	1,9
ТШЛ-05Т	500	600/5 и 800/5	0,4	0,5	96 × 117 × 133 [4]	1,75
ТКЛ-05М	660	75/5 ÷ 400/5 [2]	1	3	105 × 136 × 133	—
ТВЛБ-6	6000	10/5 ÷ 400/5 [2]	1,2 [5]	3 [5]	120 × 232 × 115	—

Примечания к табл. 7-78б. [1] Буквы после цифр в обозначении типа указывают: Т — тропическое исполнение, М — морское исполнение, ТВЛБ — влагостойкие, для питания максимального реле РТМ привода типа ПРАМ-10 Бакинского электромеханического завода. [2] Промежуточные значения коэффициентов трансформации по ГОСТ 7746-55. [3] Крепление на шине. [4] Крепление на лапах. [5] При максимальной нагрузке 0,4 *ом* — класс точности 0,5, при 0,6 *ом* — класс точности 1.

Таблица 7-79. **Трансформаторы напряжения**

Тип	$U_н$ обмотки, *в*			Номинальная мощность, *ва*, при классе точности			Максимальная мощность, *ва*		Общий вес, *кг*	Размеры, *мм*		
	первичной	вторичной	дополнительной	0,5	1	3	по ГОСТ 1983-43	по результатам испытаний		высота	ширина	глубина
Однофазные сухие												
НОС-0,5	380	100	—	25	40	100	200	250	8	192	125	146
НОС-0,5	500	100	—	25	40	100	200	250	8	192	125	146
НОСК-3	3 000	100	—	30	50	120	240	—	12,7	204	194	130
НОСК-6	6 000	100	—	50	80	200	400	—	13,5	204	194	130
Однофазные масляные												
НОМ-6	2 100	100	—	30	50	120	—	400	23	335	—	⌀ 275
НОМ-6	3 000	100	—	30	50	120	240	400	23	335	—	⌀ 275
НОМ-6	6 000	100	—	50	80	200	400	600	23	335	—	⌀ 275
НОМ-10	10 000	100	—	80	150	320	640	720	36,2	495	—	⌀ 315
НОМ-15	13 800	100	—	80	150	320	640	840	81	617	590	286
НОМ-15	15 000	100	—	80	150	320	640	840	81	617	590	286
НОМ-15	18 000	100	—	80	150	320	640	840	81	617	590	286
НОМ-35	35 000	100	—	150	250	600	1200	2000	248	1050	740	840
ЗНОМ-35	$35\,000 : \sqrt{3}$	$100 : \sqrt{3}$	$100 : \sqrt{3}$	150	250	600	1200	1500	200	1830	—	⌀ 605
Трехфазные сухие												
НТС-0,5	380	100	—	50	80	200	400	500	20	282	340	132
НТС-0,5	500	100	—	50	80	200	400	500	20	282	340	132

Продолжение

Тип	$U_н$ обмотки, *в*			Номинальная мощность, *ва*, при классе точности			Максимальная мощность, *ва*		Общий вес, *кг*	Размеры, *мм*		
	первичной	вторичной	дополнительной	0,5	1	3	по ГОСТ 1983-43	по результатам испытаний		высота	ширина	глубина
Трехфазные масляные												
НТМК-6-48	3 000	100	—	50	80	200	400	600	47,5	640	324	305
НТМК-6-48	6 000	100	—	80	150	320	640	750	47,5	640	324	305
НТМК-10	10 000	100	—	120	200	480	960	1000	110	858	—	⌀ 380
НТМИ-6	3 800	100	100 : 3	50	80	200	400	450	105	746	—	⌀ 380
НТМИ-6	6 000	100	100 : 3	80	150	320	640	700	105	746	—	⌀ 380
НТМИ-10	10 000	100	100 : 3	120	200	480	960	1200	190	914	—	⌀ 472
НТМИ-18	13 800	100	100 : 3	120	200	480	960	1200	300	730	1044	480
НТМИ-18	15 000	100	100 : 3	120	200	480	960	—	300	730	1044	480
НТМИ-18	18 000	100	100 : 3	120	200	480	960	1200	300	730	1044	480
Однофазные каскадные трехобмоточные масляные												
НКФ-110	110 000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$	100 : 3	—	500	1000	2000	—	875	1830	1845	728
НФ-220	154 000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$	100 : 3	—	500	1000	2000	—	650	3780	1240	1225
НФ-220	220 000 : $\sqrt{3}$	100 : $\sqrt{3}$	100 : 3	—	500	1000	2000	—	650	3780	1240	1225

§ 7-20. Реакторы бетонные

В обозначении типа реактора буквы и числа имеют следующий смысл: Р — реактор, Б — бетонный (с медной обмоткой), А — с алюминиевой обмоткой; первое число указывает номинальное напряжение (6 и 10 *кв*); второе — номинальный ток в *а*; третье — реактивность в %.

В таблицах 7-80а—в приведены данные для бетонных токоограничивающих реакторов. В табл. 7-80а содержатся данные для реакторов на ток до 1000 *а*. В табл. 7-80б — данные для реакторов на 1500—4000 *а*. В табл. 7-80в приведены данные для сдвоенных реакторов серии РБАС.

Таблица 7-80а

Тип	Мощность трех фаз		Номинальные		Устойчивость		Вес одной фазы, *кг*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр (по бетону), *мм*
	проходящая, *ква*	реактивная, *ква*	индуктивность, *мгн*	потеря на одну фазу, *квт*	динамическая [1], *а*	термическая, $a^2 \cdot сек$ [2]			
РБА-6-150-3 [2])	3 × 520	3 × 15,6	2,21	0,8	12 700	10 600	450	905	980
РБА-6-150-4	3 × 520	3 × 20,8	2,91	1,4	9 550	9 850	530	995	1005
РБА-6-150-5	3 × 520	3 × 26,0	3,68	1,6	7 650	10 000	610	995	1105
РБА-6-150-6	3 × 520	3 × 31,2	4,41	2,0	6 400	9 700	695	1085	1105
РБА-6-150-8	3 × 520	3 × 41,5	5,88	2,2	4 800	10 000	700	995	1160
РБА-6-150-10	3 × 520	3 × 52,0	7,35	2,6	3 820	9 500	880	1175	1175
РБА-6-200-3 [2])	3 × 694	3 × 20,8	1,65	1,5	16 900	11 000	425	880	1030
РБА-6-200-4	3 × 694	3 × 27,8	2,21	1,8	12 700	11 000	570	1085	990
РБА-6-200-5	3 × 694	3 × 34,7	2,76	2,5	10 200	10 920	570	905	1095
РБА-6-200-6	3 × 694	3 × 41,6	3,31	2,7	8 500	9 280	540	905	1070
РБА-6-200-8	3 × 694	3 × 55,5	4,41	3,2	6 400	9 000	535	995	1035
РБА-6-200-10	3 × 694	3 × 69,4	5,51	3,7	5 100	9 000	700	995	1130
РБА-6-300-3 [2])	3 × 694	3 × 31,1	1,1	1,8	25 400	17 000	415	815	970
РБА-6-300-4	3 × 1040	3 × 41,6	1,47	2,4	19 100	14 500	490	915	985
РБА-6-300-5	3 × 1040	3 × 52	1,835	2,7	15 200	15 000	415	905	915
РБА-6-300-6	3 × 1040	3 × 62,4	2,21	3,3	12 700	14 800	475	995	900
РБА-6-300-8	3 × 1040	3 × 83	2,94	3,5	9 550	15 000	475	905	1025

Продолжение

Тип	Мощность трех фаз		Номинальные		Устойчивость		Вес одной фазы, *кг*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр (по бетону), *мм*
	проходящая, *ква*	реактивная, *ква*	индуктивность, *мгн*	потеря на одну фазу, *квт*	динамическая [1], *а*	термическая, $a \cdot сек^{1/2}$			
РБА-6-300-10	3 × 1040	3 × 104	3,68	4,5	7 650	12 850	670	995	1105
РБ-6-400-3 [3]	3 × 1385	3 × 41,5	0,83	2,1	28 100	20 600	450	875	960
РБ-6-400-4	3 × 1385	3 × 55,3	1,1	2,6	25 400	22 000	505	905	880
РБ-6-400-5	3 × 1385	3 × 69,2	1,38	3,0	20 300	20 450	510	905	955
РБ-6-400-6	3 × 1385	3 × 82,9	1,65	3,8	17 000	18 200	590	995	955
РБ-6-400-8	3 × 1385	3 × 111	2,20	4,2	12 700	18 600	680	905	985
РБ-6-400-10	3 × 1385	3 × 138,7	2,76	5,0	10 200	18 000	745	995	990
РБА-6-500-3 [2]	—	—	0,66	2,2	36 000	34 500	475	890	1045
РБА-6-500-4	3 × 1731	3 × 69,2	0,887	3,2	31 000 (25 700)	27 500	550	905	1040
РБА-6-500-5	3 × 1734	3 × 69,2	1,1	3,2	25 400	30 000	765	905	1140
РБА-6-500-6	3 × 1734	3 × 104	1,32	4,1	21 200	27 000	690	1055	1100
РБА-6-500-8	3 × 1734	3 × 139	1,76	4,4	15 900	28 000	825	1085	1150
РБА-6-500-10	3 × 1734	3 × 173,4	2,21	5,4	12 750	28 000	910	1265	1125
РБА-6-600-3 [2]	—	—	0,55	2,5	39 200	37 200	585	905	—
РБА-6-600-4	3 × 2080	3 × 83	0,73	3,2	38 700 (33 200)	35 000	580	995	1010
РБА-6-600-5	3 × 2080	3 × 104	0,92	3,9	30 500	31 000	655	995	1105
РБА-6-600-6	3 × 2080	3 × 135	1,1	4,4	25 400	28 800	585	1085	1105
РБА-6-600-8	3 × 2080	3 × 166	1,47	6,6	19 100	28 000	705	995	1160
РБА-6-600-10	3 × 2080	3 × 208	1,84	6,2	15 200	24 900	880	1175	1175
РБ-6-750-3 [3]	3 × 2600	3 × 77,9	0,41	2,9	45 200	41 500	760	995	1180
РБ-6-750-4	3 × 2600	3 × 104	0,59	3,9	47 600 (43 000)	41 200	770	1085	1010

Продолжение

Тип	Мощность трех фаз		Номинальные		Устойчивость		Вес одной фазы, *кг*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр (по бетону), *мм*
	проходящая, *ква*	реактивная, *ква*	индуктивность, *мгн*	потеря на одну фазу, *квт*	динамическая [1], *а*	термическая, $a \cdot сек^{1/2}$			
РБ-6-750-5	3 × 2600	3 × 130	0,74	4,4	38 100	38 400	880	1085	1105
РБ-6-750-6	3 × 2600	3 × 156	0,88	4,8	31 800	39 250	915	1085	1195
РБ-6-750-8	3 × 2600	3 × 208,5	1,17	5,5	23 800	35 400	915	905	1160
РБ-6-750-10	3 × 2600	3 × 260	1,47	7,2	19 100	35 400	1100	905	1265
РБ-6-1000-4 [3]	3 × 3460	3 × 138,6	0,44	4,0	63 500 (55 100)	60 600	870	1175	990
РБ-6-1000-5	3 × 3460	3 × 173,3	0,55	4,5	50 800 (47 000)	60 500	1100	1175	1080
РБ-6-1000-6	3 × 3460	3 × 208	0,66	5,0	42 500	61 500	1090	1010	1175
РБ-6-1000-8	3 × 3460	3 × 277	0,88	5,9	31 800	62 000	1340	1175	1336
РБ-6-1000-10	3 × 3460	3 × 346	1,1	7,3	25 400	59 000	1650	1445	1240
РБА-10-150-3 [2]	—	—	3,68	1,5	12 700	10 360	555	1115	1025
РБА-10-150-4	3 × 866	3 × 34,6	4,9	2,0	9 550	10 000	610	1025	1150
РБА-10-150-5	3 × 866	3 × 43,3	6,13	2,3	7 650	9 800	685	1025	1145
РБА-10-150-6	3 × 866	3 × 52	7,35	2,6	6 400	9 200	890	1205	1175
РБА-10-150-8	3 × 866	3 × 69,3	9,8	3,1	4 800	9 350	930	1115	1315
РБА-10-200-3 [2]	—	—	2,76	2,0	16 900	12 000	520	1025	985
РБА-10-200-4	3 × 1156	3 × 46,2	3,68	2,3	12 700	11 450	505	1025	1025
РБА-10-200-5	3 × 1156	3 × 57,8	4,6	2,6	10 200	9 800	640	1025	1120
РБА-10-200-6	3 × 1156	3 × 69,8	5,51	3,6	8 500	9 900	700	1025	1130
РБА-10-200-8	3 × 1156	3 × 92,3	7,35	4,1	6 400	9 500	735	1115	1175
РБА-10-300-3 [2]	—	—	1,84	2,7	23 500	15 600	525	1040	920
РБА-10-300-4	3 × 1734	3 × 69,4	2,45	3,6	19 100	14 500	435	1025	940
РБА-10-300-5	3 × 1734	3 × 86,5	3,06	3,4	15 200	15 000	540	1025	1025

Продолжение

Тип	Мощность трех фаз		Номинальные		Устойчивость		Вес одной фазы, *кг*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр (по бетону), *мм*
	проходящая, *ква*	реактивная, *ква*	индуктивность, *мгн*	потеря на одну фазу, *квт*	динамическая [1], *а*	термическая, $1/a \cdot сек^{1/2}$			
РБА-10-300-6	3 × 1734	3 × 104	3,68	4,0	12 700	15 600	535	935	1055
РБА-10-300-8	3 × 1734	3 × 138,5	4,9	4,7	9 550	14 000	665	935	1175
РБ-10-400-3 [3]	—	—	1,38	3,0	32 000 (27 000)	20 000	425	935	955
РБ-10-400-4	3 × 2310	3 × 92,4	1,84	3,9	25 400	20 600	960	1205	1105
РБ-10-400-5	3 × 2310	3 × 115,5	2,3	4,3	20 300	19 800	630	1025	1080
РБ-10-400-6	3 × 2310	3 × 138,7	2,76	4,8	17 000	19 600	555	1025	985
РБ-10-400-8	3 × 2310	3 × 185	3,68	5,6	12 700	19 700	650	1025	1105
РБА-10-500-3 [2]	—	—	1,1	3,4	32 700 (23 100)	26 800	565	1025	1040
РБА-10-500-4	3 × 2890	3 × 116	1,47	4,4	31 800 (25 500)	27 000	730	1115	1145
РБА-10-500-5	3 × 2890	3 × 144,3	1,84	5,5	25 400 (22 700)	26 000	730	1115	1175
РБА-10-500-6	3 × 2890	3 × 173	2,2	4,9	21 200	28 000	910	1295	1125
РБА-10-500-8	3 × 2890	3 × 231	2,94	7,6	15 900	24 000	1125	1295	1260
РБА-10-600-3 [2]	3 × 3470	—	0,92	3,5	41 300 (30 000)	32 900	680	1025	1105
РБА-10-600-4	3 × 3470	—	1,22	4,4	38 100 (32 000)	31 600	840	1205	1075
РБА-10-600-5	3 × 3470	3 × 173	1,53	5,7	30 500 (27 400)	29 000	805	1205	1090
РБА-10-600-6	3 × 3470	3 × 208	1,84	7,9	25 400 (21 800)	27 000	835	1105	1190

Продолжение

Тип	Мощность трех фаз		Номинальные		Устойчивость		Вес одной фазы, *кг*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр (по бетону), *мм*
	проходящая, *ква*	реактивная, *ква*	индуктивность, *мгн*	потеря на одну фазу, *квт*	динамическая [1], *а*	термическая, $a \cdot сек^{1/2}$			
РБА-10-600-8	3 × 3470	3 × 277	2,45	8,9	19 100	27 500	1075	1115	1320
РБА-10-600-10	3 × 3470	3 × 346	3,07	10,0	15 200	28 000	1080	1115	1450
РБ-10-750-5 [3]	3 × 4340	3 × 216,5	1,22	5,9	38 100 (29 600)	38 000	1015	1025	1255
РБ-10-750-8	3 × 4340	3 × 435	1,96	8,2	23 800	36 700	1300	1215	1325
РБ-10-1000-6 [3]	3 × 5780	3 × 346	1,1	6,9	42 500 (33 200)	59 700	1660	1205	1335
РБ-10-1000-8	3 × 5780	3 × 462	1,47	9,0	31 800 (25 300)	56 000	1750	1295	1315
РБ-10-1000-10	3 × 5780	3 × 576	1,84	10,1	25 400 (22 300)	56 700	1855	1205	1440

Примечания к табл. 7-80а. [1]) При двойном числе динамической устойчивости бóльшее относится к вертикальной установке с верхними опорами, меньшее — к вертикальной установке без верхних упоров. [2]) Реакторы на 150; 200; 300; 500 и 600 *а* выпускаются также с медными обмотками на те же значения процентной реактивности. [3]) Реакторы на 400; 750 и 1000 *а* выпускаются также с алюминиевыми обмотками на те же значения процентной реактивности.

Таблица 7-806

Тип реактора [1]	Индуктивность, *мгн*	Реактивная мощность, *квар*	Проходная мощность трехфазного комплекта, *квар*	Потери, приведенные к 75° С, *квт*	Устойчивость: динамическая, *а*	Устойчивость: термическая, *ка · сек$^{1/2}$*	Наружный диаметр по бетону, *мм*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр установки ров, *мм*	Общий вес, *кг*
РБА-6-1500-5	0,368	262	15 600	6,2	61 600	63 000	1245	1060	880	880
РБА-6-1500-6	0,422	310		6,8	53 100	63 000	1335	970	970	925
РБА-6-1500-8	0,588	415		8,5	40 700	65 000	1235	1060	765	805
РБА-6-1500-10	0,737	520		9,6	34 100	62 000	1345	970	875	1045
РБА-6-2000-6	0,331	414	20 800	8,1	67 200	95 000	1515	700	1010	925
РБА-6-2000-8	0,442	546		10,5	53 000	96 000	1235	1060	800	935
РБА-6-2000-10	0,552	690		11,7	43 900	93 000	1330	1060	895	975
РБА-6-2000-12	0,661	832		13,2	37 400	95 000	1440	1060	1005	1020
РБА-6-3000-8	0,294	838	31 200	12,6	72 000	146 000	1620	880	1150	1060
РБА-6-3000-10	0,368	1040		15,1	60 300	140 000	1555	880	920	1190
РБА-6-3000-12	0,441	1230		17,4	52 000	136 000	1475	1150	1005	1265
РБА-6-4000-8	0,221	1110	41 500	15,55	91 100	192 000	1620	1060	1185	1215
РБА-6-4000-10	0,276	1390		17,6	78 100	191 000	1780	1060	1345	1405
РБА-6-4000-12	0,331	1640		21,4	67 700	180 000	1565	1060	990	515

Продолжение

Тип реактора [1]	Индуктивность, *мгн*	Реактивная мощность, *ква*	Проходящая мощность трехфазного комплекта, *ква*	Потери, приведенные к 75° С, *квт*	Устойчивость: динамическая, *а*	Устойчивость: термическая, *ка · сек*$^{1/2}$	Наружный диаметр по бетону, *мм*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр установки изоляторов, *мм*	Общий вес, *кг*
РБА-10-1500-6	0,737	520		10,2	53 100	61 100	1295	1315 (1180)	930	1285 1175 [2])
РБА-10-1500-8	0,983	695	26 000	12,4	40 700	62 000	1335	1360 (1180)	935	1365 1225 [2])
РБА-10-1500-10	1,227	865		14,6	34 100	59 000	1310	1360 (1180)	840	1315 1170 [2])
РБА-10-2000-8	0,736	920		14,0	53 000	88 000	1480	1090	1045	1175
РБА-10-2000-10	0,921	1150	34 600	16,5	43 900	92 000	1475	1090	970	1260
РБА-10-2000-12	1,100	1380		18,3	37 400	91 000	1475	1090	900	1475
РБА-10-3000-8	0,491	1380		18,54	72 000	135 000	1545	1180	1075	1465
РБА-10-3000-10	0,614	1710	51 900	22,6	60 300	125 300	1495	1180	920	1640
РБА-10-3000-12	0,736	2060		25,0	52 000	127 000	1595	1180	1020	1910
РБА-10-4000-8	0,368	1830		22,2	91 100	185 000	1630	1090	1055	1745
РБА-10-4000-10	0,460	2340	69 400	24,6	78 100	192 000	1760	1090	1185	1835
РБА-10-4000-12	0,553	2765		32,6	67 700	165 000	1535	1450	960	2150

Примечания к табл. 7-80б. [1]) Выпуск с 1961 г. [2]) Первое число — при вертикальной установке без верхних упоров, второе число — то же с верхними упорами.

Для реакторов 1500 *а*, 6 *кв* рекомендуется вертикальная установка без верхних упоров. Для реакторов на 2000—4000 *а* рекомендуется горизонтальная установка.

Таблица 7-80в

Тип реактора [1]	Индуктивность, *мгк* [2]			Коэффициент связи [3]	Индуктивное сопротивление, *ом*			Условная реактивная мощность, *ква*	Проходящая мощность трехфазного комплекта, *ква*	Наружный диаметр по бетону, *мм*	Высота одной фазы, *мм*	Диаметр установки изоляторов, *мм*	Общий вес, *кг*
	$L_{0,5}$	$L_{0,5н}$	L		$X_{0,5}$	$X_{0,5н}$	X						
РБАС-6-2 × 600-4	0,738	0,401	2.16	0,46	0,232	0,126	0,678	83	12 480	1410	1060	1010	1020
РБАС-6-2 × 600-6	1,09	0,59	3,18	0,46	0,343	0,186	1,00	124	12 480	1350	1060	820	930
РБАС-6-2 × 1000-5	0,562	0,337	1.61	0,40	0,176	0,106	0,507	176	20 820	1260	1060	869	960
РБАС-6-2 × 1000-10	1,09	0,589	3,18	0,46	0,342	0,185	1,00	346	20 820	1400	1060	895	1155
РБАС-6-2 × 1500-8	0,602	0,243	1,92	0,60	0,189	0,076	0,605	426	31 200	1720	880	1145	1415
РБАС-6-2 × 1500-10	0,738	0,293	2,370	0,60	0,232	0,092	0,745	522	31 200	1870	880	1300	1480
РБАС-6-2 × 2000-8	0,439	0,216	1.304	0,50	0,136	0,068	0,410	545	41 600	1560	1060	990	1520
РБАС-6-2 × 2000-10	0,554	0,268	1,686	0,52	0,178	0,084	0,530	712	41 600	1720	1060	1145	1800
РБАС-6-2 × 2000-12	0,663	0,315	2,022	0,53	0,208	0,099	0,636	833	41 600	1850	1060	1275	1880
РБАС-6-2 × 3000-15	0,565	0,318	1.625	0,44	0,178	0,100	0,511	1600	62 400	1830	1420	1260	2660
РБАС-10-2 × 600-4	1,23	0,655	3,54	0,46	0,381	0,206	1,11	137	20 820	1520	1090	1050	1270
РБАС-10-2 × 1000-4	0,735	0,333	2,27	0,55	0,23	0,105	0,715	231	34 680	1630	910	1190	1270
РБАС-10-2 × 1500-5	0,610	0,246	1.948	0,60	0,191	0,077	0,612	430	52 000	1730	910	1155	1580
РБАС-10-2 × 2000-7	0,669	0,310	2,057	0,54	0,210	0,097	0,646	840	69 400	1830	1090	1250	2245

Примечания к табл. 7-80в. [1]) Типовое обозначение: Р — реактор, Б — бетонный, А — с алюминиевыми обмотками, С — сдвоенные; 6 или 10 номинальное напряжение (*кв*); 600 ÷ 3000 — номинальный ток (*а*) каждой ветви; 4 ÷ 15 — процентная реактивность. [2]) $L_{0,5}$ и $X_{0,5}$ — индуктивность и индуктивное сопротивление одной половины при отсутствии тока в другой; $L_{0,5н}$ и $X_{0,5н}$ — то же одной половины в нормальном режиме; L и X — индуктивность и индуктивное сопротивление всего реактора при равных и одинаково направленных токах. [3]) Коэффициент связи $K = M : L_{0,5}$, где M — взаимоиндуктивность двух ветвей, значение $L_{0,5}$ см. выше.

§ 7-21. Разрядники

Таблица 7-81. **Разрядники вентильные**

К вентильным разрядникам выпускаются регистраторы срабатывания типа РВР (регистратор вентильных разрядников). Цифры в обозначении типа указывают номинальное напряжение, *кв*.

Тип	Наибольшее допустимое напряжение, *кв*	Пробивное напряжение промышленной частоты, *кв* (не менее)	Импульсное пробивное напряжение, *кв*		Остающееся напряжение (при импульсном токе 5000 *а*), *кв*, не более	Вес, *кг*	Размеры, *мм*	
			не более	при предразрядном времени, *мксек*			высота	диаметр основания или изолятора
Для защиты вращающихся машин серии РВВМ								
РВВМ-3	3,8	7,5	12	1 ÷ 20	12	40	492	425
РВВМ-6	7,6	15,0	22	1 ÷ 20	23	43,1	542	425
РВВМ-10	12,8	24,0	34	1 ÷ 20	38	50	755	425
Подстанционные серии РВП								
РВП-3	3,8	8,5	21	1,5 ÷ 20	14,5	3,4	225	120
РВП-6	7,6	16	35	1,5 ÷ 20	27	4,6	315	120
РВП-10	12,7	25	50	1,5 ÷ 20	45	6	445	120
Станционные серии РВС								
РВС-15	21	41	75	1,5	65	53,6	755	430
РВС-20	25	45	85	1,5	78	61,8	915	430
РВС-35	42	80	130	1,5	130	90,0	1400	430
РВС-60	71	127	215	1,5	221	143,5	2355	430
РВС-110	96	224	340	1,5	324	230	3315	550
РВС-110к [1]	132	238	405	1,5	420	580	4550	ок. 2300
РВС-154	144	315	480	1,5	486	605	5132	ок. 2380
РВС-220 [2]	192	445	680	1,5	650	800	6785	ок. 3200
Постоянного тока (для тяговых установок)								
РМБВ-3,3	4	7,5	10	2 ÷ 20	10	3000	330	294
РМБВ-1,65	2	3,8	5	2 ÷ 20	5	3000	270	294

Примечания к табл. 7-81. [1]) РВС-110к — с компенсированной нейтралью. [2]) Выпускаются также рязрядники типа РВУ-400 на 400 *а*.

Таблица 7-82. **Разрядники трубчатые**

В обозначении типа разрядников буквы и числа имеют следующий смысл: Р — разрядник, Т — трубчатый; число в числителе — номинальное напряжение, *кв*; числа в знаменателе — нижний и верхний пределы предельного отключаемого тока, *ка*.

Тип	Вес, *кг*	Размеры, *мм*	
		длина	диаметр
Фибробакелитовые			
РТ $\frac{3}{0{,}2 \div 1{,}5}$	1,0	400	35
РТ $\frac{3}{1{,}5 \div 7}$	1,0	400	35
РТ $\frac{6}{0{,}3 \div 7}$	1,8	520	44,5
РТ $\frac{6}{1{,}5 \div 10}$	1,8	520	44,5
РТ $\frac{10}{0{,}5 \div 7}$	1,8	520	44,5
РТ $\frac{35}{0{,}4 \div 3}$	1,4	720	35
РТ $\frac{35}{0{,}8 \div 5}$	2,5	840	44,5
РТ $\frac{35}{1{,}8 \div 10}$	4,2	780	60
РТ $\frac{110}{0{,}4 \div 2{,}2}$	9,0	1110 или 1310	76
РТ $\frac{110}{1{,}2 \div 7}$	9,7	1100 или 1300	76
РТ $\frac{110}{2 \div 10}$	10,0	1390	76
Винипластовые			
РТВ $\frac{6 \div 10}{0{,}5 \div 4}$	3,4	639	50
РТВ $\frac{6 \div 10}{2 \div 12}$	3,5	639	50
РТВ $\frac{15}{2 \div 12}$	3,6	679	50
РТВ $\frac{20}{2 \div 12}$	3,7	729	50
РТВ $\frac{35}{2 \div 10}$	4	849	50

Глава 7-7

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

§ 7-22. Закрытые распределительные устройства

Таблица 7-83. **Наименьшая ширина коридоров, *см***

Обслуживания		Управления		Взрывного
Одностороннее расположение оборудования	Двухстороннее расположение оборудования	Одностороннее расположение оборудования	Двухстороннее расположение оборудования	
100	120	150	200	120

Таблица 7-84. **Расстояния от наиболее выступающих частей трансформатора** [1])

Мощность трансформатора, *ква*	До 320	560 ÷ 1000	Свыше 1000
Расстояние до задних и боковых стен, *см*	30	60	60
Расстояние до полотна двери или выступающих частей передней стены, *см*	60	80	100

Примечание к табл. 7-84. [1]) При расположении выступающих частей трансформатора на высоте менее 1,9 *м* от пола.

Таблицы 7-85а и б. **Наименьшие разрывы между закрытыми подстанциями и производственными помещениями и сооружениями**

В табл. 7-85а и 7-85б приведены наименьшие расстояния (*м*) между закрытыми подстанциями мощностью до 640 *ква* (табл. 7-85б) и свыше 640 *ква* (табл. 7-85а) и производственными зданиями (за исключением специальных сооружений, открытых складов, общественных зданий и т. п.).

Стена подстанции, обращенная к зданию, должна быть глухой.

Таблица 7-85а

Степень огнестойкости соседнего здания	Категории производства в соседнем здании	
	А и Б	В, Г и Д
I и II	13	10
III	15	12
IV и V	19	16

Таблица 7-85б

Степень огнестойкости соседнего здания	Наименьшие расстояния между подстанцией и зданием, *м*
I, II и III	3
IV и V	5

Таблица 7-86. Высота установки аппаратов в распределительном устройстве до 10 *кв*

Высота установки	Приводы выключателей		Приводы разъединителей (до оси вращения рукоятки)	Однополюсные разъединители (до ушка)	Предохранители высокого напряжения (до оси)
	до оси штурвала	до оси вращения рукоятки			
Пределы, *м*	1 ÷ 1,5	0,8 ÷ 1,4	0,6 ÷ 1,5	0,6 ÷ 3,0	0,8 ÷ 1,8
Рекомендуемая, *м*	1,3	1,0	1,2	—	—

Ограждение в РУ и на подстанциях

Наименьшая высота сетчатых или смешанных ограждений в закрытых установках, *м* 1,7

Наименьшая высота сетчатых или смешанных внутренних ограждений в открытых установках, *м* 1,5

Высота внешнего ограждения территории открытых установок (сплошного или решетчатого), *м* 2,5

Примечания. I. Для закрытых подстанций промышленного предприятия, расположенных на огражденной охраняемой территории, для небольших закрытых подстанций городов и поселков и для столбовых подстанций ограждения не обязательны.

II. Размер сторон отверстия (ячейки) сетчатого ограждения должен быть 20 × 20 *мм*.

III. В РУ с двойной системой шин предусматриваются разделяющие перегородки между сборными шинами и шинными разъединителями, а также сплошные разделяющие перегородки между шинными разъединителями разных систем шин с проходным изолятором на развилке. В РУ с одной системой шин разделяющие перегородки между сборными шинами и шинными разъединителями, как правило, не предусматриваются.

Таблица 7-87. Наименьшие допустимые изоляционные и другие расстояния в закрытых распределительных устройствах и подстанциях напряжением до 35 *кв*

Кроме соблюдения расстояний, указанных в табл. 7-87, должны быть выполнены следующие условия:

а) токоведущие части, расположенные выше ограждений на 1,7÷2,3 *м*, должны быть удалены (по горизонтали) от плоскости ограждения на расстояние не менее расстояния от сетчатых ограждений;

б) токоведущие части, расположенные выше ограждения более чем на 2,3 *м*, должны быть удалены от горизонтальной линии, лежащей в плоскости ограждений на высоте 2,3 *м*, на расстояние не менее расстояния от сетчатых ограждений.

Расстояния	Размеры (*см*) в свету при $U_н$ установки, *кв*				
	1÷3	6	10	20	35
1. Между проводами разных фаз, а также от токоведущих частей до заземленных конструкций и частей зданий	7,5	10	12,5	18	29
2. От токоведущих частей до сплошных ограждений . . .	10,5	13	15,5	21	32
3. От токоведущих частей до сетчатых ограждений	17,5	20	22,5	28	39
4. Высота расположения голых токоведущих частей, при которой не требуется их ограждение	250	250	250	275	275
5. Между неогражденными токоведущими частями, расположенными с двух сторон коридора обслуживания на высоте, равной или выше указанной в п. 4	200	200	200	220	220
6. Высота прохода	190	190	190	190	190
7. Расстояние от наинизшей точки провода воздушных вводов в распределительное устройство до земли при отсутствии пересечений мест движения транспорта [1]) . .	450	450	450	475	475
8. Расстояние от проводов вводов в распределительное устройство, расположенных над его крышей, до крыши	300	300	300	300	300

Примечание к табл. 7-87. [1]) При меньшем, чем указано в п. 7, расстоянии провода до земли территория под вводом должна быть ограждена.

§ 7-23. Открытые распределительные устройства

Наименьшие расстояния в свету для установок напряжением до 35 *кв* включительно:

между токоведущими частями и верхней кромкой внешней ограды, *см* 220
между токоведущими частями открытого РУ и зданием закрытого РУ, щита управления и трансформаторной башни— по горизонтали, *см* 220
между габаритами трансформаторов разных цепей, *см* 125

Таблица 7-88. **Наименьшие разрывы *(м)* между оборудованием подстанций и соседними зданиями** [1])

Общее количество масла в оборудовании, *т*	Степень огнестойкости здания		
	I и II	III	IV и V
До 50	16	20	24
Свыше 50	20	24	30

Примечание к табл. 7-88. [1]) Для зданий жилых, общественных и с производствами категорий А и Б разрывы увеличиваются на 25%.

Таблица 7-89. **Наименьшие допустимые изоляционные расстояния для открытых РУ**

В табл. 7-89 использованы следующие обозначения:
k — коэффициент, равный для ошиновки из меди и ее сплавов 7,5, для ошиновки из алюминия, его сплавов и сталеалюминия 10;
f — максимально допустимая расчетная стрела провеса провода, *см*;
A — расстояние от шины до конструкции.

Расстояния	Размеры (*см*) в свету при напряжении установки, *кв*		
	10 и ниже	20	35
Между проводами разных фаз или между ними и заземленными частями:			
а) при жесткой ошиновке	20	30	40
б) при гибкой ошиновке, расположенной в одной горизонтальной плоскости		$d = k\sqrt{f} + A$	
От токоведущих частей или от незаземленных частей оборудования до постоянных ограждений [1]):			
а) сетчатых	25	30	40
б) барьерных	100	100	100

Продолжение

Расстояния	Размеры (*см*) в свету при напряжении установки, *кв*		
	10 и ниже	20	35
От неогражденных токоведущих частей до габаритов транспортируемого оборудования	100	100	100
Между ближайшими неогражденными токоведущими частями разных цепей по вертикали [3]:			
а) при необходимости обслуживания нижней цепи при неотключенной верхней . .	100	100	100
б) при отсутствии необходимости в таком обслуживании	20	30	40
Между ближайшими неогражденными токоведущими частями разных цепей по горизонтали [3]:			
а) при необходимости обслуживания одной из цепей при неотключенной другой	220	220	220
б) при отсутствии необходимости в таком обслуживании и при жесткой ошиновке	20	30	40
в) при отсутствии необходимости в таком обслуживании и при гибкой ошиновке		$d = k\sqrt{f} + A$	
Высота от уровня планировки подстанции до токоведущих частей, при которой не требуется ограждения последних [2]	300	300	300

Примечания к табл. 7-89. [1]) Кроме указанного, должны быть выполнены следующие условия: а) токоведущие части, расположенные выше ограждений на высоте до 2,7 *м*, должны быть удалены (по горизонтали) от плоскости ограждения на расстояния не менее указанных в таблице; б) токоведущие части, расположенные выше ограждений на высоте более 2,7 *м*, должны быть удалены от горизонтальной линии, лежащей в плоскости ограждения на высоте 2,7 *м*, на расстояния не менее указанных в таблице. [2]) Трансформаторы и аппараты, у которых нижняя кромка фарфора изолятора расположена над уровнем планировки на высоте не менее 2,5 *м*, разрешается не ограждать; при меньших расстояниях оборудование должно иметь постоянное ограждение. [3]) Расстояние между токоведущими частями разных номинальных напряжений устанавливается по высшему напряжению.

§ 7-24. Шины распределительных устройств

Таблица 7-90. **Шины круглого и трубчатого сечений** [1])

Диаметр, *мм*	Шины круглые: Токовая нагрузка, *а* — медные	Шины круглые: Токовая нагрузка, *а* — алюминиевые	Трубы медные: внутренний и наружный диаметры, *мм*	Трубы медные: токовая нагрузка, *а*	Трубы алюминиевые: внутренний и наружный диаметры, *мм*	Трубы алюминиевые: токовая нагрузка, *а*	Трубы стальные: Диаметры, *мм* — внутренний	Трубы стальные: Диаметры, *мм* — наружный	Трубы стальные: Токовая нагрузка, *а* — без разреза	Трубы стальные: Токовая нагрузка, *а* — с продольным разрезом
6	155	120	12/15	340	13/16	295	6,35	13,5	75	—
7	195	150	14/18	460	17/20	345	9,50	17,0	90	—
8	235	180	16/20	505	18/22	425	12,70	21,35	118	—
10	320	245	18/22	555	27/30	500	19,0	26,75	145	—
12	415	320	20/24	600	26/30	575	25,40	33,50	180	—
14	505	390	22/26	650	25/30	640	31,75	42,45	220	—
15	565	435	25/30	830	36/40	765	38,1	48,00	255	—
16	610/615	475	29/34	925	35/40	850	56,80	60,00	320	—
18	720/725	560	35/40	1 100	40/45	935	69,15	75,50	390	—
19	780/785	605/610	40/45	1 200	45/50	1 040	76,2	88,50	455	—
20	835/840	650/655	45/50	1 330	50/55	1 145	101,6	114	670	770
21	900/905	695/700	49/55	1 580	54/60	1 340	127,0	137	800	890
22	955/965	740/745	53/60	1 860	64/70	1 545	152,4	164	900	1 000
25	1 140/1 165	885/900	62/70	2 295	74/80	1 770				
27	1 270/1 290	980/1 000	72/80	2 610	72/80	2 035				
28	1 325/1 360	1 025/1 050	75/85	3 070	75/85	2 400				
30	1 450/1 490	1 120/1 155	90/95	2 460	90/95	1 925				
35	1 770/1 865	1 370/1 450	93/100	3 060	90/100	2 840				
38	1 960/2 100	1 510/1 620								
40	2 080/2 260	1 610/1 750								
42	2 200/2 430	1 700/1 870								
45	2 380/2 670	1 850/2 060								

Примечание к табл. 7-90. [1]) Токовые нагрузки, стоящие до косой черты, приведены для переменного тока, а после черты — для постоянного тока.

Таблицы 7-91 а—в. **Шины прямоугольного сечения**

В табл. 7-91 приведены данные для шин прямоугольного сечения медных (табл. 7-91а), стальных (табл. 7-91б) и алюминиевых (табл. 7-91в). Во всех таблицах число до косой черты обозначает токовую нагрузку при переменном токе, а число после черты — при постоянном токе.

Таблица 7-91а

Шины медные

Размеры (ширина × × толщина), *мм*	Токовая нагрузка при числе полос на полюс или фазу, *а*		
	1	2	3
15 × 3	210	—	—
20 × 3	275	—	—
25 × 3	340	—	—
30 × 4	475	—	—
40 × 4	625	—/1 090	—
40 × 5	700/705	—/1 250	—
50 × 5	860/870	—/1 525	—/1 895
50 × 6	955/960	—/1 700	—/2 145
60 × 6	1 125/1 145	1 740/1 990	2 240/2 495
80 × 6	1 480/1 510	2 110/2 630	2 720/3 220
100 × 6	1 810/1 875	2 470/3 245	3 170/3 940
60 × 8	1 320/1 345	2 160/2 485	2 790/3 020
80 × 8	1 690/1 755	2 620/3 095	3 370/3 850
100 × 8	2 080/2 180	3 060/3 810	3 930/4 690
120 × 8	2 400/2 600	3 400/4 400	4 340/5 600
60 × 10	1 475/1 525	2 560/2 725	3 300/3 530
80 × 10	1 900/1 990	3 100/3 510	3 990/4 450
100 × 10	2 310/2 470	3 610/4 325	4 650/5 385
120 × 10	2 650/2 950	4 100/5 000	5 200/6 250

Таблица 7-91б

Шины стальные

Размеры (ширина × × толщина), *мм*	Токовая нагрузка, *а*	Размеры (ширина × × толщина), *мм*	Токовая нагрузка, *а*
16 × 2,5	55/70	100 × 3	305/460
20 × 2,5	60/90	20 × 4	70/115
25 × 2,5	75/110	22 × 4	75/125
20 × 3	65/100	25 × 4	85/140
25 × 3	80/120	30 × 4	100/165
30 × 3	95/140	40 × 4	130/220
40 × 3	125/190	50 × 4	165/270
50 × 3	155/230	60 × 4	195/325
60 × 3	185/280	70 × 4	225/375
70 × 3	215/320	80 × 4	260/430
75 × 3	230/345	90 × 4	290/480
80 × 3	245/365	100 × 4	325/535
90 × 3	275/410		

Таблица 7-91в

Шины алюминиевые			
Размеры (ширина × × толщина), *мм*	Токовая нагрузка при числе полос на полюс или фазу, *а*		
	1	2	3
15 × 3	165	—	—
20 × 3	215	—	—
25 × 3	265	—	—
30 × 4	365/370	—	—
40 × 4	480	—/855	—
40 × 5	540/545	—/965	—
50 × 5	665/670	—/1 180	—/1 470
50 × 6	740/745	—/1 315	—/1 655
60 × 6	870/880	1 350/1 555	1 720/1 940
80 × 6	1 150/1 170	1 630/2 055	2 100/2 460
100 × 6	1 425/1 455	1 935/2 515	2 500/3 040
60 × 8	1 025/1 040	1 680/1 840	2 180/2 330
80 × 8	1 320/1 355	2 010/2 400	2 620/2 975
100 × 8	1 625/1 690	2 390/2 945	3 050/3 620
120 × 8	1 900/2 040	2 650/3 350	3 380/4 250
60 × 10	1 155/1 180	2 010/2 110	2 650/2 720
80 × 10	1 480/1 540	2 410/2 735	3 100/3 440
100 × 10	1 820/1 910	2 860/3 350	3 650/4 160
120 × 10	2 070/2 300	3 200/3 900	4 100/4 860

Таблица 7-92. **Поправочные коэффициенты на температуры земли и воздуха для токовых нагрузок на кабели, голые и изолированные провода и шины**

Температура, °С		Поправочные коэффициенты при фактической температуре среды, °С											
Расчетная среды [1]	Нормированная жил	— 5	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 45	+ 50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	—
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	—

Примечание к табл. 7-92. [1]) Под расчетной температурой воздуха понимают: вне помещений — наибольшую среднюю суточную температуру для данного района, повторяющуюся не менее 3 раз в год; внутри помещений — наибольшую среднюю суточную температуру помещения в месте прокладки (при отсутствии данных берут + 25°).

§ 7-25. Комплектные распределительные устройства

Таблица 7-93. Комплектные трансформаторные подстанции КТПН58

В обозначении типа подстанции буквы и числа имеют следующий смысл: КТП — комплектная трансформаторная подстанция; Н — наружной установки; 58 — конструкции 1958 г.; числа 180, 320, 560 — мощность, *ква*; У — универсальная (воздушный и кабельный ввод); В — воздушный ввод; К — кабельный ввод.

На стороне НН КТП имеется щит НН с вводами от силового трансформатора и трансформатора 250 *ва*, 220/12 *в* для освещения подстанции.

Тип	$P_н$ т-ра, *ква*	$U_н$ ВН, *кв*	$U_н$ НН, *кв*	Число и ток отходящих линий НН	Размеры, *мм*			Вес, *кг*
					ширина	глубина	высота	
КТПН58-180-У	180	6; 10	0,4 ÷ 0,23	3 × 100*а*	3 500	2 330	4 900	2 750
КТПН58-320-У	320	6; 10	0,4 ÷ 0,23	5 × 200*а*	3 500	2 330	4 900	2 750
КТПН58-320-В	180	6; 10	0,4 ÷ 0 23	3 × 100*а*	3 500	2 330	4 900	2 680
КТПН58-320-В	320	6, 10	0,4 ÷ 0,23	5 × 200*а*	3 500	2 330	4 900	2 680
КТПН58-180-К	180	6; 10	0,4 ÷ 0 23	3 × 100*а*	3 500	2 330	2 700	2 700
КТПН58-320-К	320	6; 10	0,4 ÷ 0,23	5 × 200*а*				
КТПН58-560-У	560	6; 10	0,4 ÷ 0,23	2 × 400*а* + 5 × 200*а* + 3 × 40*а*	3 750	2 580	5 010	3 130
КТПН58-560-В	560	6; 10	0,4 ÷ 0,23	2 × 400*а* + 5 × 200*а* + 3 × 40*а*	3 750	2 580	5 010	3 060
КТПН58-560	560	6; 10	0,4 ÷ 0,23	2 × 400*а* + 5 × 200*а* + 3 × 40*а*	3 750	2 580	2 810	2 810

Таблицы 7-94а и б. **Комплектные трансформаторные подстанции 10 *кв* до 560 *ква***

В табл. 7-94а приведены данные комплектных трансформаторных подстанций наружной установки (напряжение НН 400 *в*). В табл. 7-94б — внутренней установки (напряжение НН 400 *в*).

Таблица 7-94а

Тип	Мощность трансформатора, *ква*	Автоматы установочные	Характеристика
КТП-30/10	30	А-3163	4 линии; ширина 1 300 *мм*, высота с выводами ВН 2 720 *мм*, глубина 1050 *мм*
КТП-50/10	50	А-3124	То же
КТПА-60/10 [1])	60	А-3124	4 линии; ширина 1 300 *мм*, высота с выводами ВН 2 720 *мм*, глубина 1110 *мм*
КТП-100/10	100	А-3124	То же
КТПА-100/10 [1])	100	А-3124	То же

Примечание к табл. 7-94а. [1]) Трансформаторы с алюминиевыми оболочками.

Таблица 7-94б

Тип [1])	Мощность трансформатора, *ква*	Ток, *а*	Характеристика
КТП-180/6-111	180	600	ВН 6 *кв*; 1 линия 200 *а* и 2 по 100 *а*; 1900 × 2050 × 1100 *мм*
КТП-180/10-111	180	600	То же; ВН 10 *кв* ВН 6 *кв*,
КТП-320/10-111	320	600	1 линия 200 *а* и 2 по 100 *а*; 2010 × 2050 × 1125 *мм*
КТП-320/10-111	320	600	То же; ВН 10 *кв* ВН 6 *кв*;
КТП-560/6-111	560	600	4 линии по 200 *а*; 2800 × 2095 × 1170 *мм*
КТП-560/10-111	560	600	То же, ВН 10 *кв*

Примечание к табл. 7-94б. [1]) Выпускаются со второго полугодия 1961 г.

Таблица 7-95. **Комплектные трансформаторные подстанции КТП-110 с короткозамыкателем**

Предназначены для наружной установки без постоянного обслуживания при t окружающего воздуха от — 35° до + 35°. Состоят из РУ 110 *кв*, силового тр-ра 110/6—10 *кв* и КРУ 6—10 *кв* наружной установки. $P_{макс}$ тр-ра 10 *Ква* (110/6 *кв*) и 15 *Ква* (110/10 *кв*), $U_н$ ВН=110 *кв*, $U_н$ НН : 6,3 или 10,5 *кв*.

Схемы КТП рассчитаны только на оперативный переменный ток (питание цепей управления и сигнализации от тр-ра напряжения и тр-ра собственного расхода).

РУ 110 *кв* — сборная металлоконструкция из двух соединенных между собой порталов (девять разъемных частей), на которых смонтированы: линейный разъединитель РЛНЗ-110/600, отделитель ОД-110, короткоза-

Характеристика	Типы		
	Ш-201	Ш-152	Ш-153
$U_н$, *кв*	10	10	10
$I_н$ [2]), *а*	1000	400	600
Тип разъединителя	РВ-10/1000	РВ-10/400	РВ-10/600
Тип привода разъединителя	ПР-10-II/15	ПР-10-I/100	ПР-10-I/100
Тип измерительного тр-ра	ТПОЛ-10 (0,5/Р)	ТПОЛ-10 (0,5/Р)	ТПОЛ-10 (0,5/Р)
Тип разрядника	—	—	—
Тип силового тр-ра	—	—	—
Ширина *мм*	1500	1000	1000
Вес, *т*:			
шкафа с аппаратурой	580	1340	1500
металла на шкаф	960	945	950

Примечания к табл. 7-95. [1]) Система сборных шин одинарная. Глубина всех шкафов 1600 *мм*, высота 3100 *мм*.

мыкатель КЗ-110 с приводами и разрядники РВС-110 с регистраторами разрядов.

К установке на КТП допускаются следующие силовые тр-ры: ТМГ-5600/110, ТМГ-7500/110, ТДГ-10000/110, ТДГ-15000/110.

КРУН 6—10 *кв* состоят из семи шкафов: одного шкафа ввода (Ш-204, Ш-153, Ш-164), четырех шкафов отходящих линий (Ш-164), одного шкафа тр-ра напряжения и разрядников (Ш-165, Ш-166), одного шкафа тр-ров СР (Ш-167, Ш-168). Может также поставляться восьмой шкаф питания конденсаторной батареи (Ш-152).

В приведенной ниже таблице даны характеристики шкафов КРУН 6—10 *кв*.

Вес РУ 5100 *кг*, колонны с заземляющим разъединителем 350 *кг*, узлов ошиновки тр-ра со стороны 110 *кв* и 6—10 *кв* — 150 *кг*, КРУ 6—10 *кв* с аппаратурой и рамой под шкафы 1100 *кг*, металлических ограждений 2960 *кг*, инвентарных шкафов (без инвентаря) 280 *кг*. Всего 19 840 *кг*.

шкафов [1])

Ш-164	Ш-165	Ш-166	Ш-167	Ш-168
10	10	6	10	6
400	—	—	—	—
РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400	РВФ-10/400	РВФ-10/400
ПР-10-1/100	ПР-10-1/15	ПР-10-1/15	ПР-10-1/15	ПР-10-1/15
ТПОЛ-10 (0,5/Р)	НТМИ-10	НТМИ-6	—	—
—	РВП-10	РВП-6	—	—
—	—	—	ТМ-20/10	ТМ-20/6
1000	1000	1000	1000	1000
1460	1065	1040	1730	1580
950	720	780	960	970

[2]) $I_н$ шкафа определяется номинальными данными трансформаторов тока.

Таблицы 7-96 а и б. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки типа КТП-1 × 1800А и КТП-2 × 1800А

Без постоянного обслуживания. КТП-1 × 1800 А имеют один тр-р мощностью 560—1800 *ква*, напряжением ВН 35 *кв*, НН 6,3—10,5 *кв*, наибольшая отключаемая мощность (трехфазная с учетом апериодической составляющей) 500 *Мва*, номинальный ток плавкой вставки предохранителя 10—100 *а*.

КТП-2 × 1800 А имеют два тр-ра с теми же характеристиками, как у КТП-1 × 1800 А.

В табл. 7-96 а приведены основные данные подстанций этих типов. В табл. 7-96б даны характеристики шкафов КРУН.

Таблица 7-96а

Наименование	КТП-1 × 1800А	КТП-2 × 1800А
Вес КТП без трансформатора, *кг*	14 210	24 330
Вес портала ячейки ввода 35 *кв* с аппаратурой, *кг*	2 240	4 470
Вес узлов ошиновки тр-ра со стороны 35 *кв* и 10 *кв*, *кг*	140	280
Вес КРУ 10 *кв* с аппаратурой и рамой, *кг*	9 100	15 900
Вес металлических ограждений, *кг*	2 430	3 380
Вес инвентарных шкафов (без инвентаря), *кг*	300	300

Таблица 7-96б

Характеристики	Типы шкафов [1]						
	Ш-126	Ш-131	Ш-135	Ш-136	Ш-137	Ш-138	Ш-133
$U_н$, *кв*	10,5	10,5	6,3	10,5	6,3	10,5	10,5
$I_н$, *а*	200	200	—	—	—	—	200
Тип выключателя	ВМГ-133-II	ВМГ-133-II	—	—	—	—	ВМГ-133-I
Тип привода к выключателю	УПГП с АМР	УПГП с АМР	—	—	—	—	ПРБА-114
Тип разъединителя	РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400	РВ-10/400
Тип тр-ра напряжения	—	—	НТМИ-6	НТМИ-10	—	—	—
Тип разрядника	—	—	РВП-6	РВП-10	—	—	—
Тип силового тр-ра собственного расхода	—	—	—	—	ТМ-20/6	ТМ-20/10	—
Тип тр-ра тока	ТПЛ-10-0,5/Р	ТПЛ-10-0,5/Р	—	—	—	—	ТПЛ-10-0,5/Р
Вес шкафа с аппаратурой, *кг*	1260	1360	985	1070	1375	1470	1290
Вес металла на шкаф, *кг*	694	715	669	669	634	634	732

Примечание к табл. 7-96б. [1]) Назначение шкафов следующее: Ш-126 — шкаф ввода; Ш-131 — шкаф отходящей линии; Ш-135 и Ш-136 — шкаф тр-ра напряжения; Ш-137 и Ш-138 — шкаф тр-ра собственного расхода; Ш-133 — шкаф для питания конденсаторной батареи (поставляется по требованию). Система шин одинарная. Размеры шкафов 1000 × 1600 × 2700 *мм*.

Таблица 7-97. **Комплектные распределительные устройства (КРУ) для внутренней установки**

Тип [1])	Номинальный ток сборных шин, *а*	Тип выключателя	Размеры шкафа, *мм* (ширина × высота × × глубина)
КР-6-У3	1500, 2000	МГГ-10	1372 × 2785 × 2690
КР-6-У4	1000, 1500, 2000	ВМГ-133	1000 × 2330 × 1700
КР-10-У3	1500, 2000	МГГ-10	1372 × 2785 × 2640
КР-10-У4	1000, 1500, 2000	ВМГ-133	1000 × 2330 × 1700

Примечание к табл. 7-97. [1]) КР — комплектное распределительное устройство; 6 или 10 — напряжение, *кв*; У — универсальная, одинарная система шин; 3 и 4 — серия КРУ.

Таблица 7-98. **Типы шкафов, из которых составляются КРУ для наружной установки КРН-6 и КРН-10**

В обозначении типа шкафа буквы имеют следующий смысл: К — комплектный шкаф; В — выключатель ВН; Р — ручной привод; Г — грузовой привод; РЗ — разрядники; П — предохранители высоковольтные; Н — тр-ры напряжения; РД — разъединители; А — аппаратура. В полном номенклатурном обозначении (например, КВГН-3/355·533) число после косой черты означает номер схемы первичной коммутации, последнее число за косой чертой — номер схемы вторичной коммутации.

Тип шкафа	Характеристики	Размеры, *мм*			Вес, *кг*	
		ширина	высота	глубина	металла	общий
КВРН	С выключателем нагрузки ВНП-16 и ручным приводом ПРА-17	1000	3000	1306	500	730
КВГН	С выключателем ВН ВМБ-10 и грузовым приводом ПГМ-10 с встроенным разъединителем РВФ	1000	2700 или 3000 [1])	1306	510	960
КПН	С предохранителями ВН ПК-10 с встроенным разъединителем РВФ	1000	2700 или 3000 [1])	1306	415	615
КРЗН	С разрядниками серии РВП	1000	2700 или 3000 [1])	1306	500	650

Продолжение

Тип шкафа	Характеристики	Размеры, *мм*			Вес, *кг*	
		ширина	высота	глубина	металла	общий
КНН	С тр-рами напряжения НОМ, НТМИ	1000	2700 или 3000 [1]	1306	508	820
КРДН	С разъединителем типа РВФ	1000	2700 или 3000 [1]	1306	375	440
КАН	С прочей аппаратурой	1000	2700	1306	465 ÷ ÷ 520	700 ÷ ÷ 1010

Примечание к табл. 7-98. [1]) 3000 *мм* — при воздушном выводе.

Таблица 7-99. КРУ серии К-VI

В таблице приведены характеристики шкафов, из которых комплектуются комплектные распределительные устройства наружной установки серии К-VI. Размеры шкафов 1000 × 1600 × 3100 *мм*.

Тип	Наименование	Характеристика
Ш-162	Шкаф глухого ввода	10 *кв*, 1000 *а*
Ш-181	То же	10 *кв*, 400 *а*
Ш-152 [1])	Шкаф ввода при отходящей линии с выключателем ВМГ-133	10 *кв*, 400 *а*, привод ПРБА
Ш-153 [1])	То же	10 *кв*, 600 *а*, привод УПГП с АМР
Ш-163	То же	10 *кв*, 400 *а*, привод ПС-10
Ш-164 [1])	То же	10 *кв*, 400 *а*, привод УПРП с АМР
Ш-161	То же	1000 *а* с УПГП
Ш-160	То же	1000 *а* с ПС-10
Ш-165 [1])	Шкаф тр-ра напряжения и разрядников	10 *кв*, НТМИ-10
Ш-166 [1])	То же	6 *кв*, НТМИ-6
Ш-157	Шкаф тр-ра собственного расхода	10 *кв*, 100 *ква*
Ш-158	То же	6 *кв*, 100 *ква*
Ш-167 [1])	То же	10 *кв*, 20—50 *ква*
Ш-168 [1])	То же	6 *кв*, 20—50 *ква*
Ш-176	Шкаф тр-ра собственного расхода, подключенного на вводе	10 *кв*, 100 *ква*
Ш-177		6 *кв*, 100 *ква*

Примечание к табл. 7-97. [1]) Дополнительные характеристики этих шкафов см. в табл. 7-95.

§ 7-26. Свинцовые аккумуляторы С и СК для стационарных установок (ГОСТ 825-41)

Аккумуляторы СК отличаются от аккумуляторов С усиленными соединительными полосами.

Аккумуляторы типа С предназначены для продолжительных разрядных режимов, а тип СК — для коротких разрядных режимов.

Номинальная емкость аккумулятора С-1 составляет 36 *а · ч* (при 10-часовом режиме), а номинальная емкость аккумулятора СК-1 — 22 *а · ч* (при 2-часовом режиме).

Номинальное напряжение каждого аккумулятора 2 *в*.

Наибольший зарядный ток для аккумулятора С-1 равен 9 *а*, а для аккумулятора СК-1 18,5 *а*.

Характеристики разряда аккумуляторов С-1 и СК-1

Аккумуляторы	СК-1				С-1	
Продолжительность разряда, час	1	2	3	5	7,5	10
Емкость, *а · ч*	18,5	22	27	30	33	36
Разрядный ток, *а*	18,5	11	9	6	4,4	3,6
Конечное напряжение разряда, *в*	1,75	1,75	1,8	1,8	1,8	1,8

Значения емкости и тока для любых аккумуляторов больших размеров получаются умножением этих значений для С-1 или СК-1 на номера аккумуляторов, приведенные в табл. 7-100.

Таблица 7-100. Аккумуляторы С и СК

Номер аккумулятора С или СК [1]	Наружные размеры сосуда, *мм*			Вес без электролита, *кг*	Количество электролита, уд. вес 1,18 *л*
	длина	ширина	высота		
1	80	215	270	8,6	3
2	130	215	270	14,1	5,5
3	180	215	270	18,5	8
4	215	230	270	22,5	9,5
5	215	260	270	28,0	11
6	220	195	485	31,9	15,5
8	220	205	485	41,9	14,5
10	220	260	485	51,6	15,5
12	220	270	485	60,0	17,5
14	220	315	485	67,7	19
16	220	345	485	78,6	23
18	220	395	485	89,3	26
20	220	425	485	95,0	36
24	460	330	588	137,6	45
28	460	365	588	157,8	51
32	460	400	588	176,9	57
36	460	440	588	196,6	64
40	470	485	588	214,6	69
44	470	520	588	233,5	75
48	470	560	593	253,9	81
52	470	595	593	271,9	87
56	470	635	593	291,6	93
60	470	670	593	311,2	99

Примечание к табл. 7-100. [1]) Аккумуляторы С-1 и СК-1 до С-20 и СК-20 выпускаются в стеклянных сосудах, С-24 и СК-24 и выше — в деревянных баках, выложенных кислотостойким материалом. Допускаются баки из керамики, пластмассы, эбонита и др. материалов.

Глава 7-8

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

§ 7-27. Приборы щитовые нормального габарита

Таблица 7-101

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
М-145	Амперметры постоянного тока . .	2,5	5; 10; 20; 30, 50; 75; 5—0—5; 10—0—10, 20—0—20; 30—0—30; 50—0—50; 75—0—75 *а*; с наружным шунтом 75 *мв* 75-ШС: 100; 150; 200; 300; 500; 750, 1000; 100—0—100, 150—0—150; 200—0—200; 300—0—300, 500—0—500, 750—0—750, 1000—0—1000 *а*	85 × 85 × 90	0,45
М-309	Амперметры постоянного тока пылеводозащищенные (для химической промышленности)	1,5	1 *а* — 150 *ка*	160 × 175 × 110	1,5
М-340/1	Амперметры пост. тока	1,0	0—1, 5—3—7, 5—15 *а* (с наружными шунтами 75Р11)	160 × 160 × 110	2,5
М-340М	Амперметры постоянного тока вибро- и тряскопрочные	1,5	5 *а*—6 *ка*	160 × 160 × 110	3,5
М-362 [1]	Амперметры постоянного тока . .	1,5	0—1, —2, —3, —5, —10, —20, —30, —50 *а*; с наружным шунтом: 0—75, —100, —150, —200, —300, —500, —750 *а*	160 × 160 × 110	0,85

Продолжение

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
М-367	Амперметры пост. тока вибро- и тряскопрочные	1,5	1 *ма* — 6 *ка*	160 × 160 × 110	2,5
М-761	Амперметры постоянного тока вибро- и тряскопрочные	1,5	250 *мка* — 6 *ка*	110 × 110 × 133	2
М-762	Амперметры пост. тока вибро- и тряскопрочные	1,5	250 *мка* — 6 *ка*	135 × 135 × 135	3
Ц-362	Амперметры	2,5; 5	0,25 — 5 *а*	160 × 160 × 110	1,2
Э-30	Амперметры перем. тока	1,5 2,5 1,5	0—1, —2, —3, —5, —10, —20, —30, —50 *а*; 0—75, —100, —150, —200 *а*; через тр-р тока (5*а*): 0—5, —10, —15, —20, —30, —40, —50, —75, —100, —150, —200, —300, —400, —600, —800 *а*; 0—1, —1,5, —2, —3, —4, —5, —6, —8, —10 и —15*ка*	160 × 160 × 110	1,5
Э-30/1	Амперметры перем. тока, 200 *гц*	2,5	0—50 *а*	160 × 160 × 110	1,5
Э-30/2	Амперметры переменного тока вибро- и тряскопрочные	2,5	от 0—5 до 0—6 *ка*	160 × 160 × 125	1,5
Э-34	Амперметры	1,0	1,5/3/7,5/15 *а*; 30/70/150 *а*	160 × 160 × 125	1,5
Э-301	Амперметры вибро- и тряскопрочные (на растяжках)	1; 1,5	1 *а* — 15 *ка*	160 × 160 × 125	1,5
Э-301/1	То же	1,5	50 *а*	160 × 160 × 125	1,5
Э-301/2	То же	1,5	1—200 *а*	160 × 160 × 125	1,5
Э-309	Амперметры перем. тока (для химической промышленности)	1,5	5 *а* — 2 *ка*	160 × 175 × 110	1,5
Э-761	Амперметры тряскопрочные	1,5	100 *ма* — 10 *ка*	110 × 110 × 155	2
Э-762	Амперметры тряскопрочные	1,5	1 *а* — 10 *ка*		

Продолжение

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
Э-3СП	Амперметры перегрузочные переменного тока	2,5	15 *а* — 45 *ка*	160 × 160 × 100	1,5
М-362	Килоамперметры постоянного тока	1,5	0—1, —1,5, —2, —3, —4, —5, —6	160 × 160 × 110	0,85
М-132	Микроамперметры постоянного тока брызгозащищенные		0—10, 0—25, 0—50, 0—100, 0—150, 0—200, 0—300, 5—0—5, 25—0—50, 50—0—50 *мка*	80 × 80 × 68	0,2
М-340/1	Микроамперметры пост. тока . .	1,5	0—150, —300, —750 *мка*	160 × 160 × 110	
М-366	Микроамперметры и амперметры пост. тока (для вакуумной промышленности)	1	75 *мка* — 15 *а*	160 × 160 × 100	2
М-340/1	Миллиамперметры пост. тока . .	1,0	0—7,5—15—30—75 *ма*; 0—75—150—300—750 *ма*	160 × 160 × 110	
М-362 [1]	Миллиамперметры	1,5	0—1, —3, —5, —10, —15, —30, —50, —75, —100, —150, —300, —500 *ма*; 10/100, 10/200, 50/250 *ма*	160 × 160 × 100	0,85
Э-34	Миллиамперметры	1,0	15/30/75/150 *ма*; 300/750/1 500 *ма*; 0—5 *ма*	160 × 160 × 110	1,5
Д-341	Ваттметры активной мощности . .	2,5	5*а*—15 *ка*, 127 *в* — 380 *в*	160 × 160 × 110	2,5
Д-341М	То же, вибро- и тряскопрочные .	2,5	То же	160 × 160 × 110	2
Д-341/1	Ваттметры реактивной мощности .	2,5	То же	160 × 160 × 110	2,5
Д-341/2	Ваттметры однофазные	1,5	5 *а*—15 *ка*; 127, 220 *в*	160 × 160 × 110	2,5
Д-343	Ваттметры активной и реактивной мощности, переключающиеся	2,5	5 *а* — 15 *ка*, 127 *в* — 380 *в*	160 × 160 × 110	2,5
Д-344	Ваттметры активной мощности . .	2,5	5 *а* — 15 *ка*; 220, 380 *в*	160 × 160 × 110	
Д-771	Ваттметры вибро- и тряскопрочные	1,5	5 *а* — 6 *ка*; 127—380 *в*	110 × 110 × 155	2
Д-772	То же	1,5	То же	135 × 135 × 135	3

Продолжение

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
М-145	Вольтметры	2,5	15; 30—50; 150; 250; 15—0—15; 30—0—30; 50—0—50; 150—0—150; 250—0—250 *в*	85 × 85 × 90	0,45
М-340М	Вольтметры пост. тока вибро- и тряскопрочные	1 5	30—1000 *в*	160 × 160 × 110	3,5
М-340/1	Вольтметры постоянного тока . .	1,0	0—3—7,5—15—30 *в*; 0—30—75—150—300 *в*; 0—300—450—600—750 *в*	160 × 160 × 110	2.5
М-362 [1]	Вольтметры	1,5	0—3, —7,5, —15, —30, —50, —75, —150, —250, —300, —450, —600 *в*	160 × 160 × 110	0,85
М-366	Вольтметры постоянного тока (для вакуумной промышленности) . .	1	1,5 *в* — 4,5 *кв*	160 × 160 × 100	2
М-367	Вольтметры постоянного тока (вибро- и тряскопрочные) . . .	1,5	3 *в* — 3 *кв*	160 × 160 × 110	2.5
М-369	Вольтметры постоянного тока для электролизных ванн	1,5; 4	10—50 *в*	230 × 180 × 115	3
М-369	Вольтметры постоянного тока пылеводозащищенные (для химической промышленности)	1,5	3 — 1000 *в*	160 × 175 10	1,5
М-761	Вольтметры постоянного тока вибро- и тряскопрочные	1,5	3 — 600 *в*	110 × 110 × 133	2
М-762	Вольтметры постоянного тока вибро- и тряскопрочные	1,5	3 — 600 *в*	135 × 135 × 135	3
П-700	Вольтметры детекторные	1,5	60/150/300/600 *в*	160 × 160 × 100	2
		2,5	1,5 *в*; 3/7,5/15 *в*	160 × 160 × 100	2
Ц-362	Вольтметры	2,5; 5	30 — 250 *в*	160 × 160 × 110	1,2
Ц-366	Вольтметры (для вакуумной промышленности)	1,5	1,5—600 *в*	160 × 160 × 110	2.5

Продолжение

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
Э-30	Вольтметры переменного тока . .	1,5	0—15, —30, —50, — 100, —250, —450, — 600 *в* Через тр-р напряжения: 0—450, —600 *в*; 0—3.6, —7,2, —12, —18, —42, —150, —300, —460 *кв*	160 × 160 × 110	1,5
Э-30/1	То же, 200 *гц*	2,5	0—250 *в*	160 × 160 × 110	1,5
Э-30/2	Вольтметры переменного тока вибро- и тряскопрочные	2,5	от 0—15 *в* до 0—42 *кв*	160 × 160 × 125	1,5
Э-34	Вольтметры	1,0	7,5/15; 75/150; 30/300; 300/600; 0—30 *в*	160 × 160 × 110	1,5
Э-301	Вольтметры вибро- и тряскопрочные (на растяжках)	1; 1,5	7,5—500 *в*	160 × 160 × 125	1,5
Э-301/1	То же	1,5	250 *в*	160 × 160 × 125	1,5
Э-301/2	То же	1,5	150—250 *в*	160 × 160 × 125	1,5
Э-309	Вольтметры перем. тока (для химической промышленности) . .	1,5	150—750 *в*	160 × 175 × 110	1,5
Э-761	Вольтметры тряскопрочные . . .	1,5	10 *в* — 600 *в*	110 × 110 × 155	2
Э-762	Вольтметры тряскопрочные . . .	1,5	10 *в* — 42 *кв*	—	
М-27	Киловольтметры	1,5	10/20 *кв*	127 × 107 × 57,5	0,8

Продолжение

Тип	Наименование	Погрешность	Пределы измерения	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
М-340/1	Киловольтметры	1,0	0—1 *кв*; с отдельным добавочным сопротивлением Р-103: 0—1,5; 0—3; 0—4,5 *кв*	—	—
М-341 [2]	Милликулонметры	5	0—30—150 *мк*	160 × 160 × 100	2,5
М-368	Милликулонметры	5	15 — 150 *мк*	160 × 160 × 110	1,2
	Отдельные добавочные сопротивления (к прибору М-27)	—	40 *Мом* (высоковольтные)	225 × 218 × 204	0,6
Э-32	Синхроноскопы	2,5° эл.	110, 220 *в*	160 × 160 × 110	1,5
Э-32М	То же, вибро- и тряскопрочные .	3° эл.	127 — 380 *в*	160 × 160 × 110	1,8
М-359	Указатели скорости	10—5	24 — 500 *в*	160 × 160 × 100	0,85
Д-342	Фазометры трехфазные	2,5	0,5 — 1 — 0,5	160 × 160 × 110	2,5
Д-342М	То же, вибро- и тряскопрочные .	2,5	0,9 (емкость) — 1 — 0,2 (индуктивность)	160 × 160 × 110	2,0
Д-346	Фазометры однофазные	2,5	0,5 — 1 — 0,5	160 × 160 × 110	2,5
Д-340	Частотомеры	1,0	45—55 *гц*	160 × 160 × 100	2,5
Д-340М	То же, вибро- и тряскопрочные .	0,5	45—550 *гц*	160 × 160 × 110	2,7
Д-340/1	Частотомеры	1,0	180—220 *гц*	160 × 160 × 110	2,5
Д-761	Частотомеры вибро- и тряскопрочные	0,5	45—55 *гц*, 100—380 *в*	110 × 110 × 133	2
Д-762	То же	0,5	То же	135 × 135 × 175	3

Примечания к табл. 7-101. [1]) Взамен М-340; изготовляются также с нулем посредине шкалы. [2]) Заменяется на М-368.

§ 7-28. Счетчики переменного тока

Таблица 7-102

Тип	Наименование	Включение	Ток, *а*	Напряжение, *в*	Класс точности	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
			Однофазные 50 *гц*				
СО-И440	Активной энергии	Непосредственное	5, 10, 20	127, 220	2	186 × 117 × 112	1,3
СО-42	» »	То же	5, 10, 20 [1]	127, 220	2	134 × 207 × 107	1,4 [2]
СО-2 [3]	» »	»	5, 10	127, 220	2,5	186 × 135 × 111	1,5
СОУ-42	То же, универсальные	С тр-рами тока	5	100, 127, 220, 380	2	134 × 207 × 107	1,4 [2]
			Трехфазные				
СА3	Активной энергии	Непосредственное	5, 10, 20,	127, 220, 380	2,0	173 × 269 × 123	3,4
	» »	С тр-рами тока	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400	127, 220, 380	2,0	—	—
	» »	С тр-рами тока и напряжения	5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600	380, 500, 3000, 6000, 10 000, 35 000 (вторичное 100)	2	173 × 269 × 123	3,4
СА3У	То же, универсальные [4]	С тр-рами тока	5	127, 220, 380	2	173 × 269 × 123	3,4
	То же	С тр-рами тока и напряжения	5	100	2	173 × 269 × 123	3,4
СА4	Активной энергии 4-проводные	Непосредственное	5, 10	220, 380	2,5	175 × 304 × 123	4,0

Продолжение

Тип	Наименование	Включение	Ток, *а*	Напряжение, *в*	Класс точности	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
СА4	Активной энергии 4-проводные	С тр-рами тока	20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 1000, 1500, 2000 (вторичный 5)	220, 380	2	175 × 304 × 123	4,0
СА4У	То же, универсальные [4]	С тр-рами тока	5	220, 380	2	175 × 304 × 123	4,0
СР3	Реактивной энергии 3-проводные	Непосредственное	10, 20	127, 220, 380	4	173 × 269 × 123	3,4
СР3У	То же, универсальные	С тр-рами тока	5	127, 220, 380	2,5	173 × 269 × 123	3,4
	То же	С тр-рами тока и напряжения	5	100	2,5	173 × 269 × 123	3,4
СР4	То же, 4-проводные	Непосредственное	10, 20	220, 380	4	173 × 269 × 123	3,4
	То же	С тр-рами тока	50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 1000, 1500, 2 000, 3 000 (вторичный 5)	220, 380	2,5	173 × 269 × 123	3,4
СР4У	То же, 4-проводные универсальные	С тр-рами тока	5	220, 380	2,5	173 × 269 × 123	3,4

Примечания к табл. 7-102. [1]) Максимальный ток соответственно 20, 40, 60 *а* (при котором величина допустимой относительной погрешности не превышает ±2%). [2]) С пластмассовым кожухом, со стеклянным кожухом 1,8 *кг* (цоколь в обоих случаях пластмассовый). [3]) Заменяются на СО-42. [4]) С тр-рами тока и напряжения, имеющими любые коэффициенты трансформации.

§ 7-29. Клещи и индикаторы электроизмерительные

Клещи электроизмерительные ЦЦ-30 переменного тока. Пределы измерения 15, 30, 75, 300, 600 *а* и 0—600 *в*. Размеры 320×125×80 *мм* Вес 2 *кг*.

Клещи электроизмерительные КЭ-44 переменного тока 50 гц до 10 кв. Применяются в закрытом помещении или в сухую погоду на открытом воздухе при температуре от —10 до + 40° и влажности 30÷80%.

Пределы измерений 25; 50; 100, 250 и 500 *а*, погрешность 4%. Окно клещей позволяет охватить цилиндр диаметром 70 *мм*. Длина изолирующей части ручек 380 *мм*. Размеры: 720×325×170 *мм*. Вес 2,6 *кг*.

Вольтамперфазоиндикаторы ВАФ-85. Служат для наладки и проверки релейных схем защиты в условиях эксплуатации. Переносные.

Пределы напряжения: 1; 5; 25; 125; 250 *в*; пределы тока (без разрыва токопровода): 1, 5 и 10 *а* (фазы напряжений и токов любые в пределах каждого из 4 квадратов) 10, 50 и 250 *ма*; по фазе 0÷360°.

Глава 7-9

РЕЛЕ ЗАЩИТЫ

§ 7-30. Реле максимального тока, мощности, напряжения и времени

Таблица 7-103. Реле максимального тока РТ[1])

Тип	$I_н$, *а*	Уставки	
		Ток срабатывания, *а*	Время срабатывания, *сек*
РТ-81/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	0,5 ÷ 4
РТ-81/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	0,5 ÷ 4
РТ-82/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	2 ÷ 16
РТ-82/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	2 ÷ 16
РТ-81/1У[2])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	0,5 ÷ 4
РТ-81/2У[2])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	0,5 ÷ 4
РТ-82/1У[2])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	2 ÷ 16
РТ-82/2У[2])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	2 ÷ 16
РТ-83/1[3])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1 ÷ 4
РТ-83/2[3])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1 ÷ 4
РТ-84/1[3])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	4 ÷ 16
РТ-84/2[3])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	4 ÷ 16
РТ-85/1[3])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	0,5 ÷ 4
РТ-85/2[3])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	0,5 ÷ 4
РТ-86/1[3])	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	4 ÷ 16
РТ-86/2[3])	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	4 ÷ 16

Примечания к табл. 7-103. [1]) Уставка на правильность срабатывания элемента отсечки 2÷8. Размеры всех реле РТ (кроме утопленного исполнения): 243×148×160 *мм*. Вес 3,7 *кг*. [2]) У — для утопленного монтажа. [3]) Применяется в случаях, когда требуется сигнализация при перегрузках.

Таблица 7-104. Реле максимального тока ЭТ

Тип			Пределы уставки тока срабатывания, *а*	$P_{потр}$ при $I_{мин}$ уставки, *ва*	Последовательное (в числителе) и параллельное (в знаменателе) соединение катушек		
					I срабатывания, *а*	Термическая устойчивость, *а*	
с 1 н. о. контактом	с 1 н. з. контактом	с 1 н. о. и 1 н. з. контактами				длительная	односекундная
ЭТ-521/0,2	ЭТ-522/0,2	ЭТ-523/0,2	0,05 ÷ 0,2	0,1	$\frac{0,05 \div 0,1}{0,1 \div 0,2}$	$\frac{0,3}{0,6}$	$\frac{12}{24}$
ЭТ-521/0,6	ЭТ-522/0,6	ЭТ-523/0,6	0,15 ÷ 0,6	0,1	$\frac{0,15 \div 0,3}{0,3 \div 0,6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{45}{90}$
ЭТ-521/2	ЭТ-522/2	ЭТ-523/2	0,5 ÷ 2	0,1	$\frac{0,5 \div 1}{1 \div 2}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{100}{200}$
ЭТ-521/6	ЭТ-522/6	ЭТ-523/6	1,5 ÷ 6	0,1	$\frac{1,5 \div 3}{3 \div 6}$	$\frac{10}{20}$	$\frac{300}{600}$
ЭТ-521/10	ЭТ-522/10	ЭТ-523/10	2,5 ÷ 10	0,15	$\frac{2,5 \div 5}{5 \div 10}$	$\frac{10}{20}$	$\frac{300}{600}$
ЭТ-521/20	ЭТ-522/20	ЭТ-523/20	5 ÷ 20	0,25	$\frac{5 \div 10}{10 \div 20}$	$\frac{15}{30}$	$\frac{300}{600}$
ЭТ-521/50	ЭТ-522/50	ЭТ-523/50	12,5 ÷ 50	1	$\frac{12,5 \div 25}{25 \div 50}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{450}{900}$
ЭТ-521/100	ЭТ-522/100	ЭТ-523/100	25 ÷ 100	2,5	$\frac{25 \div 50}{50 \div 100}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{450}{900}$
ЭТ-521/200	ЭТ-522/200	ЭТ-523/200	50 ÷ 200	10	$\frac{50 \div 100}{100 \div 200}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{450}{900}$
		ЭТ-523/1Д	0,15 ÷ 1	0,3		7	300

Таблица 7-105. **Реле напряжения мгновенного действия ЭН-520** [1])

Тип	Количество контактов		Пределы уставки напряжения срабатывания, *в*	Последовательное (в числителе) и параллельное (в знаменателе) соединение катушек	
	н. о.	н. з.		*U* срабатывания, *в*	*U* длительно допустимое, *в*
Реле максимального напряжения (коэффициент возврата не менее 0,8)					
ЭН-524/60	1	—	15 ÷ 60	$\frac{15 \div 30}{30 \div 60}$	$\frac{33}{66}$
ЭН-524/200	1	—	50 ÷ 200	$\frac{50 \div 100}{100 \div 200}$	$\frac{110}{220}$
ЭН-524/400	1	—	100 ÷ 400	$\frac{100 \div 200}{200 \div 400}$	$\frac{220}{440}$
ЭН-523/60	1	1	15 ÷ 60	$\frac{15 \div 30}{30 \div 60}$	$\frac{33}{66}$
ЭН-526/60	1	1	15 ÷ 60	$\frac{15 \div 30}{30 \div 60}$	$\frac{121}{242}$
ЭН-526/200	1	1	50 ÷ 200	$\frac{50 \div 100}{100 \div 200}$	$\frac{110}{220}$
ЭН-526/400	1	1	100 ÷ 400	$\frac{100 \div 200}{200 \div 400}$	$\frac{220}{440}$
Реле минимального напряжения (коэффициент возврата не более 1,25)					
ЭН-528/48	—	1	12 ÷ 48	$\frac{12 \div 24}{24 \div 48}$	$\frac{33}{66}$
ЭН-528/160	—	1	40 ÷ 160	$\frac{40 \div 80}{80 \div 160}$	$\frac{110}{220}$
ЭН-528/320	—	1	80 ÷ 320	$\frac{80 \div 160}{160 \div 320}$	$\frac{220}{440}$
ЭН-529/48	1	1	12 ÷ 48	$\frac{12 \div 24}{24 \div 48}$	$\frac{33}{66}$
ЭН-529/160	1	1	40 ÷ 160	$\frac{40 \div 80}{80 \div 160}$	$\frac{110}{220}$
ЭН-529/320	1	1	80 ÷ 320	$\frac{80 \div 160}{160 \div 320}$	$\frac{220}{440}$

Примечание к табл. 7-106. [1]) Потребляемая мощность 4 *ва* при номинальном напряжении; размеры 94×130×145 *мм*. Вес до 1,4 *кг*.

Таблица 7-106. **Реле мощности ИМБ**

Тип	$I_н$, *а*	Количество контактов (н. о.)	Угол максимальной чувствительности	$P_{сраб}$, *ва*, при угле максимальной чувствительности и токе		$P_{потр}$, *ва*	
				$I_н$	$10I_н$	цепи напряжения при $U_н$	цепи тока при $I_н$
ИМБ-171А/1	5	1	30°	Не более 13	Не более 50	35	6
ИМБ-171А/2	1	1		» » 3	» » 10		
ИМБ-171А/1	5	1	45°	Не более 25	Не более 100	25	6
ИМБ-171А/2	1	1		» » 5	» » 20		
ИМБ-178А/1	5	1	70°	Не более 20	Не более 70	15	6
ИМБ-178А/2	1	1		» » 4	» » 14		

Таблица 7-107. **Реле времени**[1] **(переменного тока)**

Тип	Пределы регулировки времени, *сек*	Термическая устойчивость	Номинальное напряжение, *в*
ЭВ-215	0,1 ÷ 1,3	Длительно $1{,}1I_н$	100, 127, 220
ЭВ-225	0,25 ÷ 3,5		
ЭВ-235	0,5 ÷ 9		
ЭВ-245	2 ÷ 20		
ЭВ-217	0,1 ÷ 1,3	Длительно $1{,}1I_н$	100, 127, 220, 380
ЭВ-227	0,25 ÷ 3,5		
ЭВ-237	0,5 ÷ 9		
ЭВ-247	2 ÷ 20		
ЭВ-218	0,1 ÷ 1,3		
ЭВ-228	0,25 ÷ 3,5		
ЭВ-238	0,5 ÷ 9		
ЭВ-248	2 ÷ 20		

Примечание к табл. 7-107. [1]) Размеры реле ЭВ: 96×130×146 *мм*, вес 1,5 *кг*.

§ 7-31. АПВ, АРВ, блоки питания и газовое реле

Таблица 7-108. **Автоматическое регулирование возбуждения турбогенераторов — АРВ**

Тип АРВ и корректоров	Характеристика АРВ и корректоров	Размеры, *мм*		
		ширина	глубина	высота
ЭПА-305	АРВ с односистемным корректором, компаундированием и релейной форсировкой	920	550	2400
БКИ	Односистемный электромагнитный корректор	299	250	1270

Реле промежуточные РП-25, РП-26, РП-311 и РП-321. Служат для защиты и автоматики на переменном токе напряжением 100, 127 и 220 *в* (РП-25, РП-26, РП-311) и для включения во вторичную цепь измерительных трансформаторов тока (РП-321). Число контактов: 4 н. о. и 1 н. з. (РП-25 и РП-26, последний с указанием срабатывания с ручным возвратом); 2 переключающих и 2 н. о. контакта (РП-311 и РП-321). Размеры реле 65×110×115 *мм*, вес около 0,7 *кг*.

Реле для комплектов аппаратов АПВ. Устройство повторного включения РПВ-58 для трехфазного АПВ однократного действия; то же РПВ-25 для трехфазного АПВ двукратного действия; устройство повторного включения РПВ-358 для подстанций, работающих на оперативном переменном токе и на оперативном постоянном токе 24 и 48 *в*.

Блоки питания БП-57. Служат для питания оперативных цепей выпрямленным током на станциях и подстанциях (заменяют аккумуляторные батареи); размеры 794×350×420 *мм*, вес 110 *кг*.

Реле газовые ПГЗ-22. Служат для защиты трансформаторов с масляным охлаждением, размеры 160×190×230 *мм*, вес около 10 *кг*.

Изоляция относительно земли электрически связанных цепей релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и всех других вторичных цепей должна поддерживаться для каждого присоединения на уровне не ниже 1 *Мом*. Изоляция вторичных цепей, где применены монтаж и аппаратура пониженного напряжения (60 *в* и ниже), нормально питающихся от отдельного источника, должна поддерживаться на уровне не ниже 0,5 *Мом*.

Сопротивление изоляции в первом случае измеряется мегомметром на 1000—2500 *в*, во втором случае мегомметром на 500*в*.

При первом включении и при первой полной плановой проверке изоляция относительно земли электрически связанных цепей релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и всех других вторичных цепей для каждого присоединения, за исключением тех, где применяются монтаж и аппаратура пониженного напряжения (60 *в* и ниже), должна испытываться напряжением 1000 *в* переменного тока в течение 1 *мин*. Кроме того, изоляция цепей газовой защиты должна испытываться напряжением 1000 *в* и между жилами контрольного кабеля (при отключенном газовом реле).

В последующей эксплуатации изоляция испытывается 1 раз в 3—4 года напряжением 1000 *в* переменного тока или при величине сопротивления изоляции 1,0 *Мом* и выше — выпрямленным напряжением 2500 *в* при помощи мегомметра или специальной установки.

Глава 7-10

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

§ 7-32. Источники света и светильники

Таблица 7-109. **Осветительные лампы накаливания** [1])

Лампы до 150 *вт* включительно могут выпускаться в матированных и молочных колбах, при этом допускается снижение светового потока соответственно на 3 и 2,5%.

Все лампы до 200 *вт* включительно могут снабжаться штырьковым цоколем 2Ш-22.

Тип	Напряжение, *в*	Мощность, *вт*	Световой поток, *лм*	Полная длина, *мм*	Диаметр колбы, *мм*	Тип цоколя	Срок службы, *час*
Нормальные	110, 127,	10	70	107	61	Р-27	1000
	110, 127, 220	15	125/101	107	61	Р-27	
	110, 127, 220	25	228/198	107	61	Р-27	
	110, 127, 220	40	380/340	124	66	Р-27	
	110, 127, 220	60	660/540	124	66	Р-27	
	110, 127, 220	75	915/698	124	66	Р-27	
	110, 127, 220	100	1320/1050	159	76	Р-27	
	110, 127, 220	150	2280/1845	175	81	Р-27	
	110, 127, 220	200	3200/2660	205	97	Р-27	
	110, 127, 220	300	5160/4350	237	112	Р-27 или Р-40	
	110, 127, 220	400	7000/6000	242	112	Р-40	
	110, 127, 220	500	9100/8000	242	112	Р-40	
	110, 127, 220	750	14 250/12 980	336	152	Р-40	
	110, 127, 220	1000	19 500/18 000	336	152	Р-40	
Нормальные биспиральные	127	55	650	110	61	Р-27	1000
	127, 220	71/82	900	131	66	Р-27	1000
	127, 220	96/109	1300	131	66	Р-27	1000
Зеркальные	127, 220	300	4300/3600	267	180	Р-40	750
	127, 220	500	7500/6400	267	180	Р-40	750
Местного освещения	12, 36	11/14	100	82	51	Р-27	1000
	12, 36	20/25	200	82	51	Р-27	1000
	12, 36	40/50	500	107	61	Р-27	1000

Примечание к табл. 7-109. [1]) Для ламп нормальных и зеркальных перед косой чертой приведены данные, относящиеся к лампам 110 и 127 *в*, после косой черты — к лампам 220 *в*; для ламп местного освещения перед косой чертой — данные для ламп 12 *в*, за косой чертой — для ламп 36 *в*.

Таблица 7-110. Люминесцентные лампы

В таблице приведены данные для люминесцентных ламп следующих типов: БС (белого света), ТБС (тепло-белого света), ХБС (холодно-белого света) и ДС (дневного света).

Лампы ХБС и ДС используются тогда, когда требуется правильное различение цвета поверхностей. В противном случае используются лампы БС и ТБС.

С лампами применяются балласты: 2УБК — один балласт на две лампы (с помощью УБК достигается компенсация реактивной мощности, ослабление стробоскопического эффекта и снижение уровня сетевых радиопомех); 1УБК — один балласт на каждую лампу (в УБК осуществляется компенсация реактивной мощности и снижение уровня сетевых радиопомех); ДБ — дроссельный балласт, один на каждую лампу. В случае применения ДБ на выходе схемы должны дополнительно устанавливаться конденсаторы 6 *мкф* для ламп 15 и 20 *вт*, включаемых в сеть 127 *в*, и 4 *мкф* для ламп 30 и 40 *вт*, включаемых в сеть 220 *в*.

Помимо УБК или ДБ для включения ламп необходимы комплект патронов (два ламподержателя и стартеродержатель на одну лампу) и стартер соответственно напряжению сети. Согласно ГОСТ 8799-58 имеются следующие типы стартеров: 15-20/СК-127 и 30-40/СК-220 (цифры до дроби указывают мощность лампы, после дроби — напряжение сети).

Таблица 7-110

Мощность[1], *вт*	Напряжение, *в*		Ток лампы, *а*	Световой поток, *лм*				Диаметр колбы, *мм*	Длина лампы (без штырьков), *мм*	Срок службы, *час*
	на лампе	в сети		БС	ХБС	ДС	ТБС			
15	58	127	0,30	560	490	490	500	25	436	
20	60	127	0,35	800	700	700	700	38	589	
30	108	220	0,32	1400	1160	1160	1250	25	894	3000
40	108	220	0,41	1920	1700	1700	1780	38	1198	
80	108	220	0,82	3340	—	—	—	38	1481	

Примечание к табл. 7-110. [1]) В зависимости от типа балласта лампы 15 и 20 *вт* могут включаться в сеть 127 и 220 *в*. Лампы 30 и 40 *вт* включаются только в сеть 220 *в*.

Рекомендуемая область применения люминесцентного освещения

Установки, обеспечивающие правильное, т. е. такое же, как при естественном освещении, различение цветов поверхностей.

Установки, обеспечивающие выполнение точных и напряженных зрительных работ.

Установки в помещениях для постоянного пребывания персонала и не имеющих достаточного естественного освещения.

Осветительные установки в детских учреждениях, больницах, школах.

Установки архитектурно-художественного освещения (по усмотрению архитектора).

Таблица 7-111. Светильники, применяемые для общего освещения помещений

В табл. 7-111 использованы следующие обозначения: р — разрешается; д — допускается при отсутствии специальных светильников для данных условий; E — минимальная освещенность; k — коэффициент запаса; h — расчетная высота.

Наименование светильника и условное обозначение	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Модификации	Область применения											
			по высоте и освещенности	по условиям среды помещений [2]										
				сырые	особо сырые и с агрессивной средой	пыльные	П-I	П-II	П-IIа	В-I	В-Iа	В-Iб	В-II	В-IIа
Универсаль У	200 500	Без рассеивателя	kEh^2	р	д	д		д [1]						
	200 500	С матированным рассеивателем	менее 2000	р	д				р					
Глубокоизлучатель эмалированный Гэ	200 500 1000	—	kEh^2 более 2000	р	д	р		д [1]						
Зеркальная лампа в арматуре или кожухе	500	—	kEh^2 более 3000	р	р	р		д [1]						
Фарфоровый полугерметический Фм	60—75	Подвесной	kEh^2 менее 150	р	р	р	р	р	р			р		р

Продолжение

Наименование светильника и условное обозначение	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Модификации	Область применения											
			по высоте и освещенности	по условиям среды помещений [2]										
				сырые	особо сырые и с агрессивной средой	пыльные	П-I	П-II	П-IIа	В-I	В-Iа	В-Iб	В-II	В-IIа
Полугерметический ПГ-75	75	С металлическим корпусом	—	р	д	р								
	60	С пластмассовым корпусом		р		р								
Пылеводозащищенный ВПН-150	150	Без отражателя, стекло матированное	—	р		р								
Промышленные уплотненные:														
ПУ-100	100	С отражателем и без него	—	р	д	р	р	р	р			р		р
ПУ-200	200	С матированным стеклом												
Рудничный нормальный:														
РН-60	60	Стекло прозрачное Стекло матированное	—	д	д	р	р	р	д			р		р
РН-100	100	Стекло прозрачное Стекло матированное												
РН-200	200	Стекло прозрачное Стекло матированное Стекло молочное												

Продолжение

Наименование светильника и условное обозначение	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Модификации	Область применения											
			по высоте и освещенности	по условиям среды помещений [2]										
				сырые	особо сырые и с агрессивной средой	пыльные	П-I	П-II	П-IIа	В-I	В-Iа	В-Iб	В-II	В-IIа
Повышенной надежности против взрыва:														
НОБ-150	150	Без отражателя, стекло матированное С отражателем, стекло прозрачное	—	—	д	д	д	д			р	д	д	р
НОБ-300	300	Без отражателя, стекло матированное С отражателем, стекло матированное												
Взрывобезопасный:														
ВЗГ-200	200	Без отражателя, стекло прозрачное	—							р	д		д	
ВЗГ-150	150	С отражателем, стекло прозрачное												
ВЗБ-200	200	С отражателем, стекло прозрачное												
Взрывонепроницаемые:														
В4А-200	200	С отражателем Без отражателя	—							р			д	
В4А-100	100	С отражателем												
В4А-50	50													

Продолжение

Наименование светильника и условное обозначение	Наибольшая мощность лампы, *вт*	Модификации	Область применения											
			по высоте и освещенности	по условиям среды помещений [2]										
				сырые	особо сырые и с агрессивной средой	пыльные	П-I	П-II	П-IIа	В-I	В-Iа	В-Iб	В-II	В-IIа
Светильники прямого света для люминесцентных ламп серии ОД и ТН	2 × 30	Без экранирующей решетки		д		д		д [1]						
	2 × 40	С экранирующей решеткой		д										
Люцетта Лц	200	Со стеклом, закрепленным кольцом фарфорового патрона	kEh^2 не менее 750	р	р									
Шар молочного стекла III	75 100 150 300 1000	—	—	д					д					

Примечания к табл. 7-111. [1]) Светильники допускаются в помещениях с общей вентиляцией и местным отсосом. [2]) Классы помещений: пожароопасные: П-I (горючие газы), П-II (горючая пыль), П-IIа (склады горючих веществ); взрывоопасные: В-I (газы в нормальных условиях), В-Iа (газы в аварийных условиях), В-Iб (газы с запахом или местная взрывоопасность), В-II (пыль в нормальных условиях), В-IIа (пыль в аварийных условиях).

§ 7-33. Системы освещения и выбор освещенности

Таблица 7-112. Наименьшая высота подвеса над полом светильников общего освещения с лампами накаливания в помещениях[1])

Характеристика светильников[2])	Наименьшая высота подвеса[3]), *м*	
	при лампах 200 *вт* и менее	при лампах более 200 *вт*
Светильники с диффузными отражателями с защитным углом в пределах от 10 до 30°, без рассеивателей	3	4
То же с защитным углом более 30°	Не ограничивается	3
Светильники с диффузными отражателями, снабженные рассеивателями, а также светильники без отражателей с рассеивателями:		
а) с коэффициентом пропускания до 80% в зоне 0÷90°, с коэффициентом пропускания до 55% в зоне 60÷90°	3	4
б) с коэффициентом пропускания до 55% в зоне 0÷90°	2,5	3
Светильники с зеркальными отражателями:		
а) глубокого излучения	2,5	3
б) широкого излучения	4	6
Открытые лампы с колбой из матированного стекла	4	6

Примечания к табл. 7-112. 1) При применении в светильниках ламп с колбой из матированного стекла высота подвеса может быть снижена на 0,5 *м*. 2) Применение светильников с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол до 10°, без рассеивателей и с лампами в прозрачной колбе для общего освещения помещений не допускается. 3) При применении ламп накаливания мощностью до 60 *вт* включительно в матированной колбе или в прозрачной колбе с рассеивателем в зоне 0÷90°, а также в случаях, когда светильники с лампами большей мощности не попадают в поле зрения в пределах угла до 40° к горизонту, высота подвеса не регламентируется.

Таблица 7-113. Наименьшая высота подвеса над полом или рабочей площадкой светильников общего освещения с люминесцентными лампами в помещениях

Характеристика светильника	Защитный угол светильника в поперечной и продольной плоскостях[1])	Наименьшая высота подвеса (*м*) при количестве ламп в светильнике или светящейся полосе	
		4 и менее	более 4
Светильники прямого света с диффузными отражателями	15—25°	4	4,5
	25—40°	3	3,5
	Более 40°	Не ограничивается	
Светильники рассеянного света с коэффициентом пропускания рассеивателей:			
а) менее 55%	—	2,6	3,2
б) от 55 до 80%	—	3,5	4,0

Примечание к табл. 7-113. [1]) Светильники с защитным углом в поперечной плоскости менее 15° без рассеивателей не допускаются. Если линия зрения работающего в его рабочем положении имеет преимущественное направление поперек светильника, то защитный угол в продольной плоскости не нормируется. Защитные углы в обеих плоскостях могут также создаваться применением в светильниках перегородок или решеток из непрозрачных или светорассеивающих материалов.

Таблица 7-114. Системы освещения

Система освещения	Рекомендуемая область применения
Общее равномерное (светильники равномерно распределены по всей площади помещения и создают во всех точках примерно одинаковую освещенность)	1) Непроизводственные помещения: проходы, вестибюли, комнаты отдыха, залы заседаний и т. п. 2) Помещения, в которых работа может производиться на всей площади: формовочные и литейные цехи, цехи сборки крупных механизмов и т. п. 3) Помещения с большой плотностью расположения рабочих мест 4) Помещения, в которых выполняются работы, относящиеся к IV—VII разрядам норм

Продолжение

Система освещения	Рекомендуемая область применения
Общее локализованное (светильники распределены неравномерно или снабжены лампами разной мощности и создают в различных частях помещения разную освещенность)	1) Помещения, в различных местах которых выполняются работы, требующие разной освещенности 2) Помещения, в которых рабочие поверхности, требующие повышенной освещенности, имеют большие размеры или расположены сосредоточенными группами 3) Помещения с крупным и высоким производственным оборудованием
Комбинированное (на рабочих местах имеется местное освещение, а по всей площади помещения — общее, создающее освещенность не менее 10% от нормируемой при комбинированном освещении; при этом минимальная величина освещенности должна составлять 30 *лк* при лампах накаливания и 75 *лк* при люминесцентных лампах)	1) Помещения, в которых гребуется высокая освещенность рабочих мест или определенное направление света, если эти рабочие места имеют ограниченные размеры и не слишком часто расположены 2) Помещения, в которых рабочие места экранированы частями оборудования и не могут быть освещены общим освещением
Освещение переносными ручными светильниками	1) Помещения, в которых требуются периодический осмотр и ремонт механического или технологического оборудования 2) Помещения, в которых требуется временное увеличение освещенности на отдельных местах, например при сборке, формовке, осмотре

Дополнительные указания

1. Для рабочих мест, на которых выполняются точные работы, при лампах накаливания следует применять преимущественно комбинированное освещение, а при люминесцентных лампах— преимущественное общее локализованное освещение.
2. Общее освещение в системе комбинированного освещения рекомендуется выполнять равномерным.

Таблица 7-115. Наименьшая освещенность на рабочих поверхностях в производственных помещениях

Характеристика работы	Размер объекта различения [1], мм	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном [2]	Фон [3]	Наименьшая освещенность, лк			
						при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	I	а	Малый	Темный	3000	750	1500	300
			б	Малый	Светлый				
				Средний	Темный	2000	750	1000	300
			в	Средний	Светлый				
				Большой	Темный	1500	500	750	300
			г	Большой	Светлый	750	300	400	150
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	II	а	Малый	Темный	2000	750	1000	300
			б	Малый	Светлый				
				Средний	Темный	1000	400	500	150
			в	Средний	Светлый				
				Большой	Темный	750	200	400	100
			г	Большой	Светлый	500	150	300	75

Продолжение

Характеристика работы	Размер объекта различения 1), *мм*	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном 2)	Фон 3)	Наименьшая освещенность, *лк*			
						при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Точная	Более 0,3 до 1	III	а	Малый	Темный	1000	300	500	150
			б	Малый	Светлый				
				Средний	Темный	750	200	400	100
			в	Средний	Светлый				
				Большой	Темный	500	150	300	75
			г	Большой	Светлый	400	150	200	50
Малой точности	Более 1 до 10	IV	а	Малый	Темный	150	150	150	50
			б	Малый	Светлый				
				Средний	Темный	150	150	150	50
			в	Средний	Светлый				
				Большой	Темный	100	100	100	30
			г	Большой	Светлый	100	100	100	30
Грубая	Более 10	V	—	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном		100	100	100	30

Продолжение

Характеристика работы	Размер объекта различения [1], *мм*	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном [2]	Фон [3]	Наименьшая освещенность, *лк*			
						при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Требующая общего наблюдения за ходом производственного процесса без выделения отдельных деталей	—	VI	—	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном		75	75	—	20
Работы с самосветящимися предметами или материалами	—	VII	—	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном		150	150	—	50

Примечания к табл. 7-115. [1]) Под термином «объект различения» понимается отдельная часть рассматриваемого предмета (например, нить ткани, точка, линия, царапина, пятно и т. д.), которую требуется различать при работе. [2]) Контраст объекта различения с фоном считается: малым, если его величина менее 0,2 (яркость объекта и фон мало отличаются); средним, если его величина заключена в пределах 0,2÷0,5 (заметно отличаются); большим, если его величина более 0,5 (резко отличаются). [3]) Фон (степень светлоты) считается: темным при коэффициенте отражения поверхности 0,3 и менее; светлым при коэффициенте отражения поверхности более 0,3.

Таблица 7-116. **Наименьшая освещенность при общем освещении жилых и общественных зданий и вспомогательных помещений**

В таблице используются следующие сокращения: г. п. — горизонтальная плоскость, в. п. — вертикальная плоскость. Для помещений, отмеченных звездочкой *, требуется дополнительно местное освещение (штепсельные розетки).

Помещения	Наименьшая освещенность, *лк*		Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания	
I. Жилые здания (гостиницы, общежития, интернаты и квартиры) [1]			
Жилые комнаты:			
а) в квартирах и гостиницах *	75	30	В г. п. 0,8 *м* от пола
б) в общежитиях и интернатах *	100	50	То же
Гостиные, комнаты отдыха, игр и т. д. *	150	75	»
II. Административно-конторские			
Кабинеты и рабочие комнаты для конторских занятий *	200	75	В г. п. 0,8 *м* от пола
Машинописные и машиносчетные бюро *	300	150	То же
Проектные залы, конструкторские и чертежные бюро *	300	150	»
Залы заседаний	200	100	»
Приемные и комнаты ожидания	100	50	»
Комнаты общественных организаций и красные уголки * . . .	150	75	»
Операционные залы банков, сберегательных касс, почтовых отделений и т. д. *	200	100	»
Архивы:			
а) на рабочих столах * . . .	200	75	»
б) на стеллажах	75	20	В в. п. на протяжении 2 *м* от пола

Продолжение

Помещения	Наименьшая освещенность, *лк* при люминесцентных лампах	Наименьшая освещенность, *лк* при лампах накаливания	Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
III. Библиотеки и зрелищные предприятия			
А. Библиотеки			
Читальные залы *	300	100	В г. п. 0,8 *м* от пола
Комнаты каталогов	150	75	То же
Книгохранилища:			
а) центральных библиотек	100	30	В в. п. на протяжении 2 *м* от пола на стеллажах
б) прочих библиотек	75	20	
Б. Зрелищные предприятия			
Выставочные залы	300	100	В г. п. 1 *м* от пола и на экспонате в в. п.
Зрительные залы:			
а) театров, концертных залов, клубов и домов культуры	200	75	В г. п. 0,8 *м* от пола
б) кинотеатров	100	30	То же
Фойе	200	75	»
IV. Лечебно-профилактические учреждения			
Операционные [2]	400	200	В г. п. 0,8 *м* от пола
Прочие помещения хирургического блока и хирургические кабины в поликлиниках и медсанчастях *	300	150	То же
Кабинеты врачей *	200	100	»
Рентгеновские кабинеты *	75	30	»
Процедурные кабинеты, боксы и изоляторы *	150	75	»
Палаты больниц и санаториев *	75	30	»
Диагностические лаборатории *	300	150	»
Аптеки:			
а) помещения для приготовления лекарств	300	150	»
б) места приема рецептов и выдачи лекарств *	200	100	»
Дезкамеры и пропускники	75	30	На полу

Продолжение

Помещения	Наименьшая освещенность, *лк*		Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания	
V. Детские сады и ясли			
Смотровые *, групповые комнаты для игр и приема пищи	200	100	В г. п. 0,8 *м* от пола
Приемные и комнаты кормления грудных детей	150	75	То же
Спальные комнаты	75	30	»
VI. Школы, техникумы, вузы [8])			
Аудитории, классы, учебные кабинеты и лаборатории.			
а) столы и парты	300	150	В г. п. 0,8 *м* от пола
б) классные доски	300	150	В в. п.
в) чертежные кабинеты . . .	400	200	В г. п. 0,8 *м* от пола
Кабинеты и комнаты преподавателей *	150	75	То же
Актовые залы	200	100	На полу
Рекреации	150	75	» »
VII. Магазины			
Торговые залы в магазинах: готового платья, белья, обуви, тканей, меховых изделий, головных уборов, парфюмерных, галантерейных, ювелирных, книжных и продовольственных	300	150	В г. п. 0,8 *м* от пола
Торговые залы прочих магазинов: посудных, мебельных и т. д. . .	200	100	То же
Кабинеты кассиров *	200	100	»
VIII. Предприятия общественного питания			
Залы:			
а) ресторанов	300	100	В г. п. 0,8 *м* от пола
б) кафе, столовых, чайных, закусочных и буфетов . .	200	75	То же
Заготовительные и моечные помещения	200	75	»

Продолжение

Помещения	Наименьшая освещенность, *лк*		Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания	
IX. Бани, парикмахерские и прачечные			
Раздевальные и моечные помещения в банях и душевых павильонах	100	50	На полу
Парикмахерские залы *	200	100	1 *м* от пола
Помещения для стирки:			
а) механической	100	50	На полу
б) ручной	150	75	» »
Помещения для глажения:			
а) механического	200	100	На поверхности гладильных машин
б) ручного	300	150	В г. п. 0,8 *м* от пола
X. Вспомогательные помещения жилых, общественных, административных и промышленных зданий			
Вестибюли и гардеробные:			
а) в театрах, концертных залах и центральных гостиницах	150	75	На полу
б) в вузах, школах, клубах, музеях и т. д.	100	50	» »
в) в общежитиях, поликлиниках, кинотеатрах и других общественных, административных, а также в промышленных зданиях	75	30	» »
Лестницы:			
а) главные лестницы в театрах, концертных залах, а также лестницы в школах	100	30	На площадках и ступенях лестницы
б) главные лестницы в других общественных, административных, а также в промышленных зданиях	75	20	То же

Продолжение

Помещения	Наименьшая освещенность, *лк* при люминесцентных лампах	Наименьшая освещенность, *лк* при лампах накаливания	Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
в) прочие лестницы в общественных, административных и промышленных зданиях и лестницы жилых домов	50	10	На площадках и ступенях лестницы
Коридоры и проходы:			
а) главные коридоры и проходы в больницах и школах	100	30	На полу
б) главные коридоры и проходы в общественных, административных и промышленных зданиях . . .	75	20	То же
в) прочие коридоры и проходы в промышленных, общественных и административных зданиях, в больницах и школах, а также коридоры и передние в квартирах	50	10	»
Кухни:			
а) варочные залы предприятий общественного питания, кухни детских учреждений и в общежитиях . .	200	75	В г. п. 0,8 *м* от пола
б) кухни в жилых домах . .	100	30	То же
Санитарные узлы:			
а) в общественных, административных и промышленных зданиях	75	30	На полу
б) в квартирах	50	10	То же
Кубовые и сушилки	75	30	»
Лифты пассажирские и грузовые	75	30	»

Примечания к табл. 7-116. [1]) В жилых помещениях гостиниц, общежитий, интернатов и квартир, а также в кухнях жилых домов и общежитий нормируется среднее значение освещенности. [2]) Для освещения операционного поля надлежит дополнительно применять локализованное освещение бестеневыми светильниками; при этом освещенность на операционном поле должна быть не менее 3000 *лк*. [3]) В учебных помещениях, предназначенных для слабовидящих детей, уровни освещенности должны быть приняты на две ступени выше по шкале освещенности, но должны быть не ниже 500 *лк* независимо от применяемых источников света.

Таблица 7-117. Значения удельной мощности (*вт/м²*) для приблизительного определения мощности ламп в установках общего равномерного освещения (в помещениях)

Таблица составлена для нормальных ламп 220 *в* и коэффициента запаса 1,3 (а при люминесцентных лампах 1,5). При использовании ламп 127 *в* и биспиральных удельную мощность следует уменьшать на 15%; при коэффициенте запаса 1,5 — увеличивать на 15%.

Необходимая мощность одной лампы определяется умножением удельной мощности на площадь и делением на число ламп.

Тип светильника	Высота подвеса, *м*	Освещенность, *лк*	Площадь, *м²*			
			10 ÷ 25	25 ÷ 50	50 ÷ 150	свыше 150
Универсаль без рассеивателя	3 ÷ 4	10	6,0	4,6	3,6	3,2
		20	10,3	7,7	5,9	5,2
		30	13,6	11	8	7
		50	21	16	12	11
		75	29	22	17	15
	4 ÷ 6	10	7,4	5,1	3,5	2,6
		20	13	8,7	6	4,7
		30	18	12	8,7	6,6
		50	28	19	13	10
		75	40	27	19	15
Глубокоизлучатель эмалированный	6 ÷ 8	10	—	6	4	2,8
		20	—	11	7,3	5,1
		30	—	15	10,5	7
		50	—	24	16	11
		75	—	36	24	17
Универсаль с рассеивателем	2 ÷ 3	10	6,6	5,1	4,4	4
		20	12	9	7,5	6,8
		10	6,6	5,1	4,4	4
		20	12	9	7,5	6,8
		30	16	11	9,4	8,5
		50	24	17	15	13
		75	33	25	22	19
Люцетта цельного стекла (при среднем значении коэффициента отражения стен и потолка)	3 ÷ 4	10	7,7	5,9	4,3	3,9
		20	13	9,8	7,2	6,3
		30	17	13	9,9	8,5
		50	27	21	15	13
		75	41	30	22	19

Продолжение

Тип светильника	Высота подвеса, м	Освещенность, лк	Площадь, м²			
			10 ÷ 25	25 ÷ 50	50 ÷ 150	свыше 150
Фарфоровый НОБ	2 ÷ 3	10	9	6,8	5,2	4,4
		20	16	11	8,9	7,7
		30	22	16	13	11
		50	37	27	22	19
ВЗГ / ВЗБ без отражателей	3 ÷ 4	10	12	7,8	5,7	4,5
		20	23	14	11	8,4
		30	34	21	16	12
		50	57	35	27	20
Люцетта цельного стекла (светлые стены и потолок)	2 ÷ 4	10	5,8	4,6	3,7	3,2
		20	10	8	6,5	5,7
		30	14	11	8,7	7,3
		50	21	16	13	11
		75	29	21	18	15
		100	39	28	24	20
Шар молочного стекла (светлые стены и потолок)	2 ÷ 4	10	8,5	6,3	5	4
		20	15	11	8,6	6,9
		30	21	16	12	9,7
		50	32	25	20	16
		75	48	38	30	24
		100	64	50	40	32
Люминесцентный светильник прямого света с защитным углом 15° в двух плоскостях	2 ÷ 3	75	7,5	6,2	5,4	4,9
		100	10	8,3	7,2	6,5
		150	15	12,4	10,8	9,8
		200	20	16,6	14,4	13
		300	30	25	21	19
	3 ÷ 4	75	10,5	7	6	5,2
		100	14	9,3	8	6,9
		150	21	14	12	10,4
		200	28	18	16	14
		300	42	28	24	21

Глава 7-11

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

§ 7-34. Выбор значений реактивной мощности

Выбор значений реактивной мощности производится для различных значений коэффициента мощности, отнесенных к 1 *квт* активной мощности.

Для определения потребной конденсаторной мощности, *ква*, нужно данные табл. 7-118 умножить на величину активной мощности установки, *квт*.

Таблица 7-118

Существующий cos φ_1	Желаемый cos φ_2												
	0,7	0,75	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1
0,30	2,16	2,30	2,42	2,48	2,53	2,59	2,65	2,70	2,76	2,82	2,89	2,98	3,18
0,35	1,66	1,80	1,93	1,98	2,03	2,08	2,14	2,19	2,25	2,31	2,38	2,47	2,68
0,40	1,27	1,41	1,54	1,60	1,65	1,70	1,76	1,81	1,87	1,93	2,00	2,09	2,29
0,45	0,97	1,11	1,24	1,29	1,34	1,40	1,45	1,50	1,56	1,62	1,69	1,78	1,99
0,50	0,71	0,85	0,98	1,04	1,09	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,44	1,53	1,73
0,52	0,62	0,76	0,89	0,95	1,00	1,05	1,11	1,16	1,22	1,28	1,35	1,44	1,64
0,54	0,54	0,68	0,81	0,86	0,92	0,97	1,02	1,08	1,14	1,20	1,27	1,36	1,56
0,56	0,46	0,60	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	1,00	1,05	1,12	1,19	1,28	1,48
0,58	0,39	0,52	0,66	0,71	0,76	0,81	0,87	0,92	0,98	1,04	1,11	1,20	1,41
0,60	0,31	0,45	0,58	0,64	0,69	0,74	0,80	0,85	0,91	0,97	1,04	1,13	1,33
0,62	0,25	0,39	0,52	0,57	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,90	0,97	1,06	1,27
0,64	0,18	0,32	0,45	0,51	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	1,84	0,91	1,00	1,20
0,66	0,12	0,26	0,39	0,45	0,49	0,55	0,60	0,66	0,71	0,78	0,85	0,94	1,14
0,68	0,06	0,20	0,33	0,38	0,43	0,49	0,54	0,60	0,65	0,72	0,79	0,88	1,08
0,70		0,14	0,27	0,33	0,38	0,43	0,49	0,54	0,60	0,66	0,73	0,82	1,02
0,72		0,08	0,22	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,54	0,60	0,67	0,76	0,97
0,74		0,03	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,48	0,55	0,62	0,71	0,91
0,76			0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,43	0,50	0,56	0,65	0,86
0,78			0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,38	0,44	0,51	0,60	0,80
0,80				0,05	0,10	0,16	0,21	0,27	0,33	0,39	0,46	0,55	0,75
0,82					0,05	0,10	0,16	0,22	0,27	0,33	0,40	0,49	0,70
0,84						0,05	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,44	0,65
0,86							0,06	0,11	0,17	0,23	0,30	0,39	0,59
0,88								0,06	0,11	0,17	0,25	0,33	0,54
0,90									0,06	0,12	0,19	0,28	0,48
0,92										0,06	0,13	0,22	0,43
0,94											0,07	0,16	0,36

§ 7-35. Конденсаторы бумажно-масляные для улучшения коэффициента мощности серии КМ

В табл. 7-119 приведены данные бумажно-масляных конденсаторов, предназначенных для улучшения коэффициента мощности при частоте 50 *гц* серии КМ.

Таблица 7-119

Тип	Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное напряжение, *кв*	Номинальная мощность, *квт*	Габаритные размеры, *мм*				Вес, *кг*	
				основание	высота		расстояние между изоляторами	всего	в том числе свободного масла [1]
					без изоляторов	с изоляторами			
В трехфазном исполнении [2]									
КМ-0,22	263	0,22	4	380 × 110	370	435	80	24	3,5
КМ-0,38 [3]	220	0,38	10	380 × 110	370	435	80	24	3,5
КМ-0,50 [3]	127	0,50	10	380 × 110	370	435	80	24	3,5
КМ2-0,22	653	0,22	10	318 × 145	860	930	80	60	7,5
КМ2-0,38	552	0,38	25	318 × 145	860	930	80	60	7,5
КМ2-0,50	318	0,50	25	318 × 145	860	930	80	60	7,5
В однофазном исполнении									
КМ-1,05	28,8	1,05	10	380 × 110	370	460	160	24	3,5
КМ-3,15	3,22	3,15	10	380 × 110	370	490	160	24	3,5
КМ-6,3	0,80	6,3	10	380 × 110	370	540	160	24	3,5
КМ-10,5	0,29	10,5	10	380 × 110	370	570	160	24	3,5
КМ-1,05	72,2	1,05	25	318 × 145	860	965	160	60	7,5
КМ-3,15	8,0	3,15	25	318 × 145	860	995	160	60	7,5
КМ-6,3 [4]	2,0	6,3	25	318 × 145	860	1045	160	60	7,5
КМ-10,5 [4]	0,635	10,5	22	318 × 145	860	1105	160	60	7,5

Примечания к табл. 7-119. [1] Под «свободным» маслом понимается количество масла, не впитанного порами диэлектрика и находящегося в кожухе конденсатора в свободном состоянии. [2] Могут выполняться в однофазном исполнении (при тех же габаритах). [3] Имеют ограниченный выпуск. Предпочтительнее ориентироваться на конденсаторы КМ2-0,38 и КМ2-0,50 мощностью 25 *ква* в единице. [4] Еще не освоены. На 1961 г. ориентироваться на конденсаторы мощностью 10 *ква* в единице.

ОТДЕЛ ВОСЬМОЙ

РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

М. Д. Карасев

НЕКОТОРЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Буквенные обозначения

B — магнитная индукция
C — электрическая емкость
D, d — диаметр
E — напряженность электрического поля
H — напряженность магнитного поля
I — сила тока; намагниченность
i — сила тока
K — коэффициент связи катушек
L — индуктивность
l — длина
M — взаимоиндуктивность
n — число витков катушки
P — мощность
Q — добротность
q — электрический заряд
R, r — сопротивление
T, t — температура
S — площадь поперечного сечения
W — электрическая энергия
Z — комплексное сопротивление
α — температурный коэффициент сопротивления
δ — глубина проникновения электромагнитного поля; угол диэлектрических потерь
ε — диэлектрическая проницаемость
$\varkappa$ — магнитная восприимчивость
λ — длина волны
μ — магнитная проницаемость
ν — частота
ρ — удельное сопротивление
σ — удельная проводимость
τ — постоянная времени
$\omega = 2\pi\nu$ — угловая частота

Обозначения единиц *)

Название	Обозначения		Название	Обозначения	
	русские	международные		русские	международные
Ампер	*а*	A	Люкс	*лк*	lx
Бел	*б*	b	Люмен	*лм*	lm
Ватт	*вт*	W	Магн	*мгн*	mgn
Вебер	*вб*	Wb	Максвелл	*мкс*	Mx
Вольт	*в*	V	Метр	*м*	m
Гаусс	*гс*	Gs	Ом	*ом*	Ω
Генри	*гн*	H	Пьеза	*пз*	pz
Герц	*гц*	Hz	Секунда	*сек*	sec
Грамм	*г*	g	Стильб	*сб*	sb
Джоуль	*дж*	J	Фарада	*ф*	F
Кулон	*к*	C	Эрстед	*э*	Oe

*) Десятичные приставки к обозначению единиц см. т. I, стр. 222.

Глава 8-1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ *)

§ 8-1. Проводники

Сопротивление. Сопротивление R однородного цилиндрического провода длины l и площади поперечного сечения S равно

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Величина ρ называется *удельным сопротивлением* материала, из которого изготовлен проводник. Если R выражено в омах, l — в метрах, а S — в квадратных миллиметрах, то размерность ρ будет $[ом \cdot мм^2/м]$.

Удельной проводимостью σ называется величина, обратная удельному сопротивлению

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \frac{м}{ом \cdot мм^2}.$$

Часто удельное сопротивление выражается как сопротивление между двумя противоположными гранями куба с ребром в 1 *см*. В этом случае оно иногда называется *объемным сопротивлением*; размерность его становится соответственно $[ом \cdot см]$, а численная величина уменьшается в 10^4 раз.

*) Более подробные сведения можно найти в книге: Справочник по электротехническим материалам под общ. ред. К. А. Андрианова и др., т. I, Электроизоляционные материалы, ч. 1, М.—Л., 1958 и ч. 2, М.—Л., 1959; т. II, Магнитные, проводниковые, полупроводниковые и другие материалы, М.—Л., 1960.

Удельное сопротивление зависит от температуры, поэтому в таблицах его значение приводится при некоторой фиксированной температуре, обычно 20° С. Практически можно считать изменение сопротивления пропорциональным изменению температуры T, если это изменение температуры невелико. В этом случае

$$R_{T+\Delta T} = R_T(1 + \alpha\Delta T).$$

Температурный коэффициент сопротивления α показывает изменение сопротивления при повышении температуры на один градус.

Таблица 8-1. **Основные свойства некоторых проводников** [1])

Материал	ρ, *ом·мм²/м* (при 20° С)	α, *град*$^{-1}$ (при 20° С)	Плотность, *г/см³* (при 20° С)	Температура плавления (°С)
Алюминий	0,032	0,038	2,6÷2,8	660
Бронза (фосфористая)	0,12	0,004	7,4÷8,8	1000
Висмут	1,2	0,0042	9,8	271
Вольфрам	0,055	0,0051	19,0	3387
Золото	0,024	0,0039	19,3	1063
Иридий	0,053	0,0039	22,4	2454
Кадмий	0,075	0,0043	8,6	321
Кобальт	0,097	0,0033	8,8	1490
Константан	0,5	0,000005	8,8	1270
Латунь	0,06÷0,09	0,001÷0,007	8,4÷8,7	900
Манганин	0,45	0,00005	8,42	950
Медь	0,017	0,0043	8,6÷9,0	1083
Молибден	0,048	0,0050	10,2	2622
Никелин	0,42	0,0003	8,8	—
Никель	0,11	0,0027	8,8	1452
Нихром	1,1	0,0002	8,1÷8,4	1400
Олово	0,11	0,0044	7,3	232
Платина	0,09	0,0038	21,4	1773
Ртуть	0,96	0,00099	13,6	—38,9
Свинец	0,21	0,0042	11,3	327
Серебро	0,016	0,0040	10,5	961
Сталь	0,199	0,0016÷0,0042	7,5÷7,9	1500
Тантал	0,12	0,0035	16,6	2850
Уголь (графит)	0,33÷1,85	—0,0006÷ ÷—0,0012	1,9÷2,3	3500
Фехраль	1,2	0,00005	7,3	1460
Хром	0,027	0,0042	6,7	1700
Цинк	0,060	0,0039	6,8÷7,1	419

Примечание к табл. 8-1. [1]) Значения приведенных в таблице характеристик могут не совпадать с данными промышленных материалов, которые зависят от примесей, обработки и пр.

Сопротивление при высоких частотах. Переменный ток в проводнике распределен неравномерно и стремится концентрироваться у его поверхности, соприкасающейся с электромагнитным полем. Это явление называется *поверхностным эффектом* (скин-эффектом) и связано с экранирующим действием хорошо проводящих поверхностей.

Глубина проникновения электромагнитного поля

$$\delta = 50{,}33\sqrt{\frac{\rho}{\mu\nu}}\ см,$$

где ρ — удельное сопротивление в *ом·мм²/м*, μ — относительная магнитная проницаемость (для немагнитных материалов $\mu = 1$), ν — частота в *гц*.

В плоском бесконечно толстом проводнике (толщина $\geqslant \delta$) плотность переменного тока уменьшается экспоненциально с удалением от поверхности и на глубине, равной δ, падает в $e = 2{,}7$ раза, т. е. до 36,9% своего значения на поверхности. Сопротивление такого плоского бесконечно толстого проводника переменному току в точности равно сопротивлению плоского проводника толщиной δ постоянному току (с равномерным распределением плотности тока по сечению). Часто пользуются понятием *удельного поверхностного сопротивления* $\rho_{\text{п}}$ переменному току, под которым понимают сопротивление плоского проводника толщиной δ на единичный квадрат поверхности постоянному току, т. е.

$$\rho_{\text{п}} = \frac{\rho}{\delta} \text{ ом},$$

где ρ — удельное объемное сопротивление в *ом·см*. Значения глубины проникновения δ и удельного поверхностного сопротивления $\rho_{\text{п}}$ для некоторых материалов приведены в табл. 8-2.

Таблица 8-2. **Глубина проникновения и удельное поверхностное сопротивление некоторых материалов** [1])

Материал	δ, *см*	$\rho_{\text{п}}$, *ом*
Серебро	$\frac{6{,}42}{\sqrt{\nu}}$	$2{,}52 \cdot 10^{-7}\sqrt{\nu}$
Медь	$\frac{6{,}60}{\sqrt{\nu}}$	$2{,}61 \cdot 10^{-7}\sqrt{\nu}$
Алюминий	$\frac{8{,}26}{\sqrt{\nu}}$	$3{,}26 \cdot 10^{-7}\sqrt{\nu}$
Латунь	$\frac{12{,}7}{\sqrt{\nu}}$	$5{,}01 \cdot 10^{-7}\sqrt{\nu}$
Припой	$\frac{18{,}5}{\sqrt{\nu}}$	$7{,}73 \cdot 10^{-7}\sqrt{\nu}$

Примечание к табл. 8-2. [1]) Частота ν выражена в *гц*.

В круглом цилиндрическом проводнике распределение плотности тока по сечению отличается от экспоненциального и приближается к нему только при большом радиусе r_0 провода по сравнению с глубиной

проникновения δ (рис. 8-1). По оси ординат рис. 8-1 отложено отношение плотности тока $j(r)$ на расстоянии r от оси проводника к плотности тока на поверхности $j(r_0)$. Кривая *1* соответствует $r_0/\delta = 0$; *2* — $r_0/\delta = 0{,}755$; *3* — $r_0/\delta = 2{,}39$; *4* — $r_0/\delta = 7{,}55$.

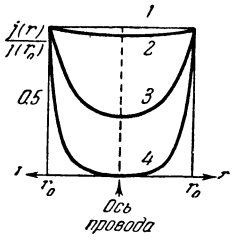


Рис. 8-1.

Формулы поверхностного эффекта, полученные для плоского бесконечно толстого проводника, применимы к проводнику любого профиля, если толщина проводника и радиус кривизны повсюду значительно больше глубины проникновения δ. В этом случае сопротивление проводника $R_{\text{пер}}$ по переменному току будет

$$R_{\text{пер}} = \rho_{\text{п}} \cdot \frac{l}{P},$$

где $\rho_{\text{п}}$ — поверхностное сопротивление; l — длина, а P — периметр сечения проводника в одинаковых единицах с длиной l.

Ниже в табл. 8-3 и на рис. 8-2 приведены отношения $\frac{R_{\text{пер}}}{R_{\text{пост}}}$ сопротивлений на переменном и постоянном токах для круглых прямых одиночных проводов при различных

$$x = 1{,}4\, d \sqrt{\frac{\mu \nu}{\rho}},$$

где d — диаметр провода в *мм*, μ — относительная магнитная проницаемость, ρ — удельное сопротивление в *ом·мм²/м* и ν — частота в *Мгц*. В табл. 8-4 даны наибольшие допустимые диаметры d *мм* проводов,

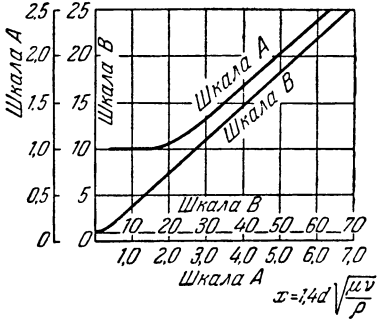


Рис. 8-2.

сделанных из различных материалов, при поверхностном эффекте, не превышающем 1% $\left(\frac{R_{\text{пер}}}{R_{\text{пост}}} \leqslant 1{,}01\right)$.

Таблица 8-3. **Отношение сопротивлений при переменном и постоянном токах** [1])

x	$\frac{R_{пер}}{R_{пост}}$	x	$\frac{R_{пер}}{R_{пост}}$	x	$\frac{R_{пер}}{R_{пост}}$	x	$\frac{R_{пер}}{R_{пост}}$
0	1,0000	3,6	1,529	8,4	3,235	21,0	7,681
0,5	1,0003	3,8	1,603	8,6	3,306	22,0	8,034
0,6	1,0007	4,0	1,678	8,8	3,376	23,0	8,387
0,7	1,0012	4,2	1,752	9,0	3,446	24,0	8,741
0,8	1,0021	4,4	1,826	9,2	3,517	25,0	9,094
0,9	1,0034	4,6	1,899	9,4	3,587	26,0	9,447
1,0	1,005	4,8	1,971	9,6	3,658	28,0	10,15
1,1	1,008	5,0	2,043	9,8	3,728	30,0	10,86
1,2	1,011	5,2	2,114	10,0	3,799	32,0	11,57
1,3	1,015	5,4	2,184	10,5	3,975	34,0	12,27
1,4	1,020	5,6	2,254	11,0	4,151	36,0	12,98
1,5	1,026	5,8	2,324	11,5	4,327	38,0	13,69
1,6	1,033	6,0	2,394	12,0	4,504	40,0	14,40
1,7	1,042	6,2	2,463	12,5	4,680	42,0	15,10
1,8	1,052	6,4	2,533	13,0	4,856	44,0	15,81
1,9	1,064	6,6	2,603	13,5	5,033	46,0	16,52
2,0	1,078	6,8	2,673	14,0	5,209	48,0	17,22
2,2	1,111	7,0	2,743	14,5	5,386	50,0	17,93
2,4	1,152	7,2	2,813	15,0	5,562	60,0	21,47
2,6	1,201	7,4	2,884	16,0	5,915	70,0	25,00
2,8	1,256	7,6	2,954	17,0	6,268	80,0	28,54
3,0	1,318	7,8	3,024	18,0	6,621	90,0	32,07
3,2	1,385	8,0	3,094	19,0	6,974	100,0	35,61
3,4	1,456	8,2	3,165	20,0	7,328		

Примечание к табл. 8-3. [1]) Если $x > 10$, то $\frac{R_{пер}}{R_{пост}} = 0{,}3533x + 0{,}27$.

Таблица 8-4. **Наибольшие допустимые диаметры круглых проводов при поверхностном эффекте, не превышающем 1%**

Частота ν, *Мгц*	Длина волны λ, *м*	Наибольший диаметр проводов d, *мм*				
		серебро	медь	манганин	константан	нихром
0,1	3000	0,344	0,350	1,75	1,85	2,6
0,2	1500	0,240	0,249	1,24	1,32	1,75
0,5	600	0,153	0,158	0,785	0,836	1,27
1	300	0,106	0,110	0,555	0,582	0,825
2	150	0,074	0,077	0,315	0,408	0,585
5	60	0,048	0,050	0,249	0,265	0,367
10	30	0,034	0,035	0,175	0,185	0,260
20	15	0,024	0,025	0,125	0,132	0,175
50	6	0,014	0,015	0,078	0,083	0,127
100	3	0,011	0,011	0,055	0,058	0,082

Таблица 8-5. **Наиболее употребительные провода большого сопротивления**

Диаметр, мм	Сечение, мм²	Манганин		Никелин		Константан		Фехраль		Нихром	
		R 1 м, ом	Вес 1 м, г	R 1 м, ом	Вес 1 м, г	R 1 м, ом	Вес 1 м, г	R 1 м, ом	Вес 1 м, г	R 1 м, ом	Вес 1 м, г
0,03	0,00071	606	0,0058	566	0,00622	693	0,0063	—	—	1520	0,0058
0,05	0,00169	220	0,0159	204	0,0173	250	0,0175	—	—	550	0,0161
0,07	0,00385	112	0,031	104	0,0339	124	0,034	—	—	280	0,0316
0,08	0,00502	85,4	0,041	79,5	0,0443	97,4	0,045	—	—	208	0,0411
0,10	0,00785	54,8	0,064	51,0	0,0691	62,4	0,070	152,89	0,061	138	0,0644
0,15	0,01767	24,3	0,144	22,6	0,156	27,7	0,157	67,20	0,138	61,2	0,145
0,20	0,03142	13,7	0,256	12,7	0,276	15,6	0,280	38,22	0,245	34,4	0,259
0,25	0,04909	8,76	0,40	8,14	0,434	9,98	0,437	24,44	0,382	22,1	0,403
0,30	0,07069	6,06	0,575	5,66	0,662	6,93	0,629	16,98	0,551	15,3	0,580
0,35	0,09621	4,47	0,782	4,16	0,846	5,09	0,856	12,47	0,75	11,3	0,785
0,40	0,12566	3,42	1,023	3,18	1,110	3,85	1,118	9,546	0,98	8,64	1,030
0,45	0,15904	2,71	1,295	2,53	1,40	3,08	1,415	7,547	1,24	6,78	1,304
0,50	0,19635	2,2	1,598	2,04	1,73	2,50	1,748	6,110	1,53	5,51	1,610
0,60	0,28274	1,52	2,301	1,37	2,49	1,73	2,516	4,246	2,21	3,82	2,318
0,70	0,38484	1,12	3,133	1,04	3,39	1,24	3,425	3,117	3,00	2,81	3,156
0,80	0,50265	0,854	4,092	0,795	4,43	0,974	4,474	2,387	3,92	2,16	4,122
0,90	0,63617	0,675	5,178	0,629	5,60	0,770	5,662	1,886	4,96	1,70	5,217
1,0	0,7854	0,548	6,393	0,510	6,91	0,624	6,990	1,528	6,12	1,38	6,440
1,1	0,9503	0,453	7,735	0,421	8,36	0,516	8,455	1,263	7,41	1,14	7,792
1,2	1,1310	0,379	9,206	0,354	9,95	0,434	10,066	1,061	8,80	0,955	9,274
1,3	1,3273	0,324	10,804	0,301	11,70	0,369	11,810	0,9041	10,35	0,815	10,884
1,4	1,5394	0,276	12,530	0,260	13,57	0,318	13,697	0,7795	12,00	0,702	12,623
1,5	1,7671	0,243	14,38	0,226	15,60	0,277	15,726	0,6789	13,77	0,612	14,490
1,6	2,0096	0,214	16,35	0,200	17,65	0,244	17,898	0,5967	15,70	0,539	16,487
1,7	2,2698	0,189	18,48	0,1760	20,00	0,216	20,203	0,5285	17,70	0,477	18,612
1,8	2,5447	0,169	20,71	0,1570	22,50	0,192	22,651	0,4716	19,80	0,425	20,867
1,9	2,8353	0,152	23,08	0,1400	25,00	0,173	25,232	0,4233	22,10	0,382	23,249
2,0	3,1416	0,137	25,57	0,1270	27,60	0,156	27,964	0,3820	24,50	0,344	25,751
3,0	7,0686	0,0608	57,53	0,0566	62,20	0,0693	62,914	0,1698	55,10	0,153	57,963
4,0	12,566	0,0342	102,29	—	—	0,0389	111,873	—	—	—	—
5,0	19,635	0,0219	159,83	—	—	0,0250	174,796	—	—	—	—

Таблица 8-6. **Обмоточные медные провода**

Предназначены для изготовления катушек индуктивности, дросселей и трансформаторов. Более полные данные можно найти в каталогах МЭП СССР, Эмалированные провода, М., 1954; Провода сопротивления и провода обмоточные высокочастотные, М., 1955.

Обозначение	Тип и назначение	Диаметр, *мм*	
		без изоляции	с изоляцией
ЛЭШО	Литцендрат, эмалированные проволоки, сложенные параллельно и обмотанные одним слоем шелка	0,48 (24 × 0,07) ÷ ÷ 1,73 (119 × 0,10)	0,54 ÷ 1,79
ЛЭШД	Литцендрат, отличающийся от ЛЭШО двойной шелковой обмоткой	0,24 (7 × 0,07) ÷ ÷ 3,04 (105 × 0,20)	0,34 ÷ 3,16
ПЭЛ	Провод эмалированный лакостойкий	0,05 ÷ 2,44	0,065 ÷ 2,54
ПЭТ	Провод эмалированный лакостойкий с повышенной теплостойкостью	0,38 ÷ 2,44	0,43 ÷ 2,54
ПЭЛУ	Провод эмалированный лакостойкий с утолщенной изоляцией	0,05 ÷ 2,44	0,075 ÷ 2,57
ПБО	Провод с одной хлопчатобумажной обмоткой	0,2 ÷ 2,1	0,3 ÷ 2,24
ПБД	Провод с двумя хлопчатобумажными обмотками	0,2 ÷ 5,2	0,39 ÷ 5,55
ПБОО	Провод с двумя хлопчатобумажными обмотками и одной оплеткой	1,0 ÷ 5,2	1,85 ÷ 6,05
ПШО	Провод с одной шелковой обмоткой	0,05 ÷ 0,69	0,1 ÷ 0,75
ПЭЛБО	Провод ПЭЛ в одной хлопчатобумажной обмотке	0,2 ÷ 2,1	0,325 ÷ 2,31
ПЭЛШО	Провод ПЭЛ в одной шелковой обмотке	0,05 ÷ 1,45	0,12 ÷ 1,585

Таблица 8-7. Силовые гибкие кабели

Применяются для питания электрической энергией подвижных электро- и радиоустройств. Токопроводящие жилы изготовлены из свитых медных проволок. Изоляция в большинстве случаев резиновая. В третьей графе таблицы приведены испытательные напряжения $U_{исп}$ между жилами кабеля.

Обозначения	Назначение и конструкция	$U_{исп}$, *в*	Число и сечение жил, *мм*^{2}	Наружный диаметр, *мм*
ПЛНТ	Провод шланговый для переносных ламп. Две токопроводящие жилы покрыты изоляционной резиной, навиты вокруг мягкого сердечника из бечевы и заключены в шланговую оболочку из нефтестойкой резины	1000	2 × 1,0	10,0
КРПТ	Кабель шланговый переносный, тяжелый. Может иметь одну, две или три одинаковые изолированные жилы, а также две одинаковые и одну заземляющую или три одинаковые и одну заземляющую жилы, покрытые изоляционной резиной. Если сечение жилы больше 10 *мм*^{2}, то на ней еще имеется обмотка из прорезиненной тканевой ленты. Скрутка изолированных жил заключена в шланговую резиновую оболочку	2000	1 × 2,5 ÷ ÷ 1 × 70,0	8,3 ÷ 23,4
			2 × 2,5 ÷ ÷ 2 × 70,0	12,6 ÷ 42,8
			3 × 2,5 ÷ ÷ 3 × 70,0	13,3 ÷ 45,2
			2 × 2,5 + + 1 × 1,5 ÷ ÷ 2 × 70,0 + + 1 × 25,0	13,3 ÷ 45,2
			3 × 2,5 + + 1 × 1,5 ÷ ÷ 3 × 70,0 + + 1 × 25,0	15,5 ÷ 49,4
ШРПС	Провод шланговый переносный, средний. Может иметь две, три или четыре жилы, покрытые изоляционной резиной. Скрутка изолированных жил заключена в резиновую шланговую оболочку	2000	2 × 0,75 ÷ ÷ 2 × 1,5	9,4 ÷ 10,2
			3 × 0,75 ÷ ÷ 3 × 1,5	9,9 ÷ 10,8
			4 × 0,75; 4 × 1,0	10,7; 10,9
			3 × 1,5 + + 1 × 1,0	11,7
ШРПЛ	Провод шланговый переносный, легкий. Две жилы покрыты изоляционной резиной и в виде скрутки или параллельной укладки заключены в резиновую шланговую оболочку	750	2 × 0,5 ÷ ÷ 2 × 1,5	7,2 ÷ 8,6

Таблица 8-8. Высокочастотные кабели

Предназначаются для передачи высокочастотных электромагнитных колебаний. Выпускаются двух видов: РК — радиокоаксиальный однопроводный и РД — радиокабель двухпроводный.

Внутренние проводящие жилы изготовляются как из одиночной медной (часто луженой) проволоки, так и из нескольких свитых проволок. Изоляция может быть сплошной или с воздушными прослойками. Материалом изоляции служат полистирол, полиэтилен и другие диэлектрики с малыми потерями ($tg\,\delta$ не более 0,0005). Внешняя проводящая жила представляет собой плотную оплетку из луженых или нелуженых медных проволок; оплетка может быть однослойная или двухслойная. В кабелях РД каждая из внутренних жил заключена в отдельную оплетку и, кроме того, имеется еще общий экранирующий чулок.

Проводящие жилы кабеля заключены в защитную оболочку из пластмасс, резины или металла.

Таблица 8-8

Обозначение	Погонная емкость, *пф/м*, (не более)	Волновое сопротивление, *ом*	Затухание, *миллинепер/м*		Внешний диаметр, *мм*
			30 *Мгц*	60 *Мгц*	
РК-1	68	75 ÷ 80	—	9	7,3
РК-2	57	90 ÷ 95	—	7,5	9,6
РК-3	70	72 ÷ 77	—	6,5	13,0
РК-4	70	72 ÷ 77	—	7,5	11,0
РК-6	101	50 ÷ 55	—	7,0	12,4
РК-12	110	57 ÷ 67	22	—	14,5
РК-19	100	50 ÷ 55	—	18	4,2
РК-20	70	72 ÷ 77	—	8,0	10,4
РК-28	101	50 ÷ 55	—	8,5	11,4
РК-29	105	48 ÷ 53	—	11,5	9,8
РК-31	90	65 ÷ 75	22	—	10,2
РК-44	85	68 ÷ 78	22	—	8,0
РК-45	120	48 ÷ 58	22	—	9,9
РК-46	83	70 ÷ 80	22	—	6,8
РК-47	101	50 ÷ 55	—	8,5	10,3
РК-48	105	48 ÷ 63	—	10	13,5
РК-49	73	70 ÷ 75	—	8,5	6,3
РК-50	27	150 ÷ 165	—	10	8,8
РК-ТЭ-150	35	140 ÷ 150	1,8	—	16,7
ТЗ-75	55	71 ÷ 79	1,3	—	16,0
ДЦВ	55	66 ÷ 73	0,6	—	29,9
РКК-25/15	—	57 ÷ 63	0,7	—	35,2
РКМ-15/15	—	66 ÷ 73	0,9	—	44
РД-13	65	78 ÷ 92	—	16	7,3
РД-15	36	140 ÷ 155	—	7	10,0
РД-16	28	180 ÷ 205	—	7	10,8
РД-17	53	95 ÷ 105	—	6,5	16,5
РД-26	28	180 ÷ 205	—	8	9,9

Таблица 8-9. Спиральные кабели задержки

Предназначаются для задержки электрических импульсов, для накопления магнитной энергии и для сочленения радиоустройств с высокоомными входами и выходами. Сокращение РКЗ означает радиокоаксиальный кабель задержки.

За счет спиральной конструкции внутреннего провода коаксиального кабеля скорость распространения электромагнитной волны в РКЗ в десятки раз меньше, чем в обычном кабеле; РКЗ обладают большой погонной индуктивностью и повышенным волновым сопротивлением по сравнению с обычным кабелем.

На осевой сердечник из полиэтилена наматывается медная спираль, являющаяся внутренней жилой. Изоляция сплошная, полиэтиленовая. Внешняя жила — медная оплетка (РКЗ-401) или повив (РКЗ-400). Экран из медной ленты (только у РКЗ-400). Кабель заключен в оболочку из полихлорвинилового пластиката.

Более подробные сведения можно найти в книге: Н. И. Белоусов, И. Н. Гроднев, Радиочастотные кабели, М.—Л., 1959.

Характеристики	Марки кабеля	
	РКЗ-400	РКЗ-401
Время задержки, *мксек/м*	0,1	0,5
Волновое сопротивление, *ом* . . .	350 ÷ 500	350 ÷ 500
Затухание на частоте 1 *Мгц*, *неп/мксек*	0,125	—
Затухание на частоте 10 *Мгц*, *неп/мксек*	—	0,55
Внешний диаметр, *мм*	16	10,8
Вес, *кг/м*	0,545	0,135
Строительная длина, *м*	30	10
Интервал рабочих температур, °С	— 40 ÷ 70	— 40 ÷ 75
Минимальный радиус изгиба, *см*	20	10

Таблица 8-10. Монтажные провода

Предназначаются для монтажа радиосхем и радиоаппаратуры. Проводящие жилы монтажных проводов изготовляются из медной гибкой луженой проволоки; в качестве изоляции используются покрытия эмалью, хлопчатобумажной и шелковой пряжей, резиной, полихлорвинилом и другими изоляционными материалами.

Изолирующие слои в графе «Тип изоляции» указаны в последовательности наложения их на проводящую жилу. В графе $U_{пр}$ приведены пробойные напряжения.

Более полные данные можно найти в Каталоге МЭП СССР Монтажные провода, М., 1953.

Обозначения	Тип изоляции	$U_{пр}$, в (более)	Диаметр, мм	
			без изоляции	с изоляцией
Провода с проводящей жилой из одиночной проволоки				
МБДЛ	Эмаль и двойная хлопчатобумажная обмотка лакированная	1000	0,41 ÷ 1,0	1,1 ÷ 1,8
МБООЛ	Хлопчатобумажные обмотка и оплетка лакированная	1000	0,52 ÷ 0,79	2,1 ÷ 2,3
МР	Резина	1000	0,68 ÷ 1,37	2,3 ÷ 3,0
МРП	Провод МР в хлопчатобумажной оплетке пропитанной	1000	0,68 ÷ 0,37	3,0 ÷ 3,9
МШЛ	Шелковая оплетка лакированная	250	0,5 ÷ 1,13	1,0 ÷ 1,6
МШДЛ	Эмаль и двойная шелковая обмотка лакированная	1000	0,5 ÷ 1,0	1,1 ÷ 1,6
МШДБ	Эмаль, двойная шелковая обмотка и хлопчатобумажная обмотка пропитанная	500	0,37 ÷ 0,79	1,0 ÷ 1,4
МЭББ	Эмаль, хлопчатобумажная обмотка, шелковая обмотка и хлопчатобумажная оплетка пропитанная	1000	0,5 ÷ 1,13	1,6 ÷ 2,2
ПМВ	Полихлорвиниловая	1000	0,49 ÷ 1,00	1,2 ÷ 2,2
ПМОВ	Хлопчатобумажная обмотка и полихлорвиниловая изоляция	2000	0,5 ÷ 1,0	1,9 ÷ 2,3
Провода с проводящей жилой, свитой из нескольких проволок				
МГБЛ	Хлопчатобумажная оплетка лакированная	250	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 1,8 (19 × 0,26)	1,6 ÷ 2,3
МГБОЛ	Хлопчатобумажная обмотка лакированная	600	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 1,61 (26 × 0,1)	0,7 ÷ 1,2
МГБД	Двойная хлопчатобумажная обмотка	400	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 0,9 (16 × 0,2)	0,7 ÷ 1,3

Продолжение

Обозначения	Тип изоляции	$U_{пр}$, в (более)	Диаметр, мм	
			без изоляции	с изоляцией
МГБДЛ	Хлопчатобумажная двойная обмотка лакированная	1000	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 0,61 (26 × 0,1)	0,9 ÷ 1,5
МГБОО	Хлопчатобумажные обмотка и оплетка	400	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 0,9 (16 × 0,2)	1,2 ÷ 1,8
МГБООЛ	Хлопчатобумажные обмотка и оплетка лакированная	1000	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 0,9 (16 × 0,2)	1,9 ÷ 2,2
М. ББЛ	Шелковая и хлопчатобумажная обмотки, хлопчатобумажная оплетка лакированная	500	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,26)	1,9 ÷ 2,7
МГББЛЭ	Провод МГББЛ в экранирующей оплетке из медных луженых проволок	500	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,26)	2,5 ÷ 3,3
МГШ	Шелковая цветная оплетка	100	0,31 (40 × 0,04) ÷ ÷ 0,41 (20 × 0,08)	0,6 ÷ 0,8
МГШОЛ	Шелковая обмотка лакированная	600	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 0,61 (26 × 0,1)	0,6 ÷ 1,1
МГШД	Шелковая двойная обмотка	300	0,3 (10 × 0,1) ÷ ÷ 0,9 (16 × 0,2)	0,6 ÷ 1,2
МГШДО	Провод МГШД в шелковой оплетке	500	0,3 (10 × 0,1) ÷ ÷ 0,9 (16 × 0,2)	0,8 ÷ 1,4
МГШДЛ	Шелковая двойная обмотка лакированная	1000	0,3 (7 × 0,1) ÷ ÷ 0,61 (26 × 0,1)	0,75 ÷ 1,3
МГШДОЛ-К	Капроновая двойная обмотка, проклеенная лаком, и капроновая оплетка	500	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 1,6 (31 × 0,25)	1,3 ÷ 2,3
МГВ	Полихлорвинил	500	0,42 (7 × 0,14) ÷ ÷ 1,3 (19 × 0,26)	1,4 ÷ 2,5
МГВЛ	Полихлорвиниловая изоляция и хлопчатобумажная оплетка лакированная	500	0,78 (7 × 0,26) ÷ ÷ 3,4 (98 × 0,26)	2,6 ÷ 5,5
ПМВГ	Хлопчатобумажная обмотка и изоляция из полихлорвинила	2000	0,6 (7 × 0,2) ÷ ÷ 1,2 (2,4 × 0,2)	2,0 ÷ 2,6
МРГ	Резиновая	1000	0,78 (7 × 0,26) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,32)	2,7 ÷ 3,6

Продолжение

Обозначения	Тип изоляции	$U_{пр}$, в (более)	Диаметр, мм	
			без изоляции	с изоляцией
МРГЛ	Провод МРГ в хлопчатобумажной оплетке лакированной	1000	0,78 (7 × 0,26) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,32)	3,0 ÷ 4,7
МРГП	Провод МРГ в хлопчатобумажной оплетке пропитанной	1000	0,78 (7 × 0,26) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,32)	3,1 ÷ 5,1
МРГПЭ	Провод МРГП в экранирующей оплетке из медных луженых проволок	1000	0,78 (7 × 0,26) ÷ ÷ 1,6 (19 × 0,32)	4,4 ÷ 5,3
МГСЛ	Двойная обмотка и лакированная оплетка из стекловолокна	500	0,61 (26 × 0,1) ÷ ÷ 1,8 (24 × 0,26)	1,5 ÷ 2,4

§ 8-2. Диэлектрики *)

Диэлектрики используются для электроизоляции токонесущих проводников и для прокладок в конденсаторах.

Огромный ассортимент диэлектрических материалов классифицируется по областям применения (сверхвысокие, высокие и низкие частоты); по агрегатному состоянию (твердые, жидкие, газообразные); по составу и по основным характеристикам. В последнее время все большее применение в радиотехнике находят сегнетоэлектрики, или ферроэлектрики, у которых электрическая индукция нелинейно связана с напряженностью электрического поля (см. Т. Н. Вербицкая, Сегнетокерамика с резко выраженными нелинейными свойствами, ДАН **100**, 29, 1955).

Основными характеристиками диэлектриков являются:

Относительная диэлектрическая проницаемость ε (для вакуума $\varepsilon = 1$).

Удельное объемное сопротивление ρ *ом · см.*

Удельные диэлектрические потери $p_{д}$ — энергия, рассеиваемая в единицу времени в единице объема диэлектрика.

В случае, когда диэлектрик служит прокладкой в конденсаторе, диэлектрические потери ведут к появлению гистерезисной петли на диаграмме зависимости заряда конденсатора q от переменного напряжения U на нем (рис. 8-3. *а* — без потерь; *б* — с потерями; *в* — из сегнетодиэлектрика). Сдвиг фаз между синусоидальным током и напряжением при этом будет меньше 90° на δ. Угол δ называется *углом диэлектрических потерь*. Конденсатор, в котором имеются потери, может быть

*) Подробнее см. С. А. Яманов и С. А. Смирнов, Справочник по изоляционным материалам для радиопромышленности, М.—Л., 1947; Радиотехнические изоляционные материалы (справочные данные) ЦНИИТОП, Горький, 1958; Н. П. Богородицкий и И. Д. Фридберг, Высокочастотные неорганические диэлектрики, М., 1948.

изображен эквивалентной схемой рис. 8-4. В случае, когда $\mathrm{tg}^2\,\delta \ll 1$, мощность, рассеиваемая в диэлектрике конденсатора, выражается формулой

$$P_{\text{п}} = U^2 \omega C \,\mathrm{tg}\,\delta,$$

где $P_{\text{п}}$ — мощность потерь в *вт*, U — эффективное значение перемен-

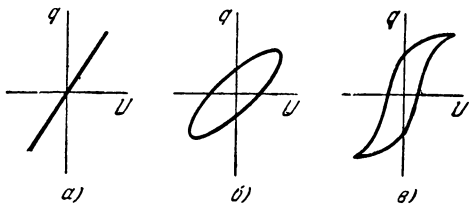


Рис. 8-3.

ного напряжения в *в*, $\omega = 2\pi\nu$ — круговая частота напряжения в *рад/сек*, $C \approx C_1 \approx C_2$ — емкость конденсатора в *ф*.

Удельные потери $p_{\text{п}}$ в *вт/см*^{3} определяются выражением

$$p_{\text{п}} = \frac{\varepsilon \omega \,\mathrm{tg}\,\delta}{4\pi 9 \cdot 10^{11}} E^2,$$

где E — напряженность электрического поля в *в/см*.

Часто пользуются понятием *комплексной* диэлектрической проницаемости

$$\dot{\varepsilon} = \varepsilon - j\varepsilon \,\mathrm{tg}\,\delta = \varepsilon - j\varepsilon'',$$

где ε — диэлектрическая проницаемость, а $\varepsilon'' = \varepsilon \,\mathrm{tg}\,\delta$ — *коэффициент диэлектрических потерь*.

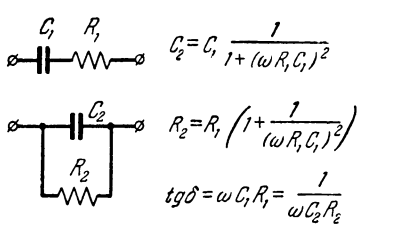


Рис. 8-4.

Электрическая прочность $E_{\text{пр}}$ [*в/см*] определяется максимальным (пробивным) напряжением на единицу толщины диэлектрика, т. е. пробивной напряженностью электрического поля.

Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $\mathrm{TK}\varepsilon$ [*град*$^{-1}$] характеризует изменение ε с изменением температуры на 1° С.

Таблицы 8-11а, б и в. Свойства неорганических диэлектриков

В табл. 8-11а приводятся основные свойства минеральных материалов.

В табл. 8-11б — основные свойства радиокерамических материалов, используемых в качестве изоляторов в высокочастотной радиоаппаратуре.

В табл. 8-11в — основные свойства титановых керамик, использующихся в высокочастотных конденсаторах. Титановые керамики обладают повышенной диэлектрической проницаемостью, малыми потерями и малыми ТКε.

Таблица 8-11а

Название материала	ε	ρ, *ом · см*	tg δ ($\nu = 10^3$ *гц*)	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Асбест	—	10^{10}	—	—	2,3 ÷ 2,6	600	Теплостойкий волокнистый с невысокими электроизолирующими свойствами
Базальт плавленый . . .	9 ÷ 12	10^{13}	$(1{,}7 \div 2) \cdot 10^{-2}$	3 ÷ 6	2,7 ÷ 3,1	—	Низкочастотный, применим главным образом в телефонных и телеграфных линейных изоляторах
Кварц	3,5 ÷ 3,7	10^{18}	$(1 \div 2) \cdot 10^{-4}$	20 ÷ 40	2,2 ÷ 2,8	1500	Используется как пьезоэлектрик
Кварц плавленый	4,1 ÷ 4,4	$10^{17} \div 10^{18}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	20 ÷ 30	2,2	600	Высококачественный диэлектрик в широком диапазоне частот и температур
Мрамор	8 ÷ 10	$10^{9} \div 10^{11}$	$5 \cdot 10^{-3} \div 0{,}1$	1 ÷ 10	2,7	100	Применяется в электротехнике как легко полирующийся и красивый изолятор. Его диэлектрические свойства невысоки
Слюда	4,0 ÷ 6,7	$10^{13} \div 10^{15}$	$10^{-3} \div 10^{-5}$	50 ÷ 200	2,5 ÷ 3,2	900 ÷ 500	Высокочастотный, используется главным образом для конденсаторов и изоляторов внутри радиоламп

Таблица 8-11б

Название материала	ε	ρ, *ом · см*	tg δ ($\nu = 10^3$ *гц*)	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см*^{3}	Теплостойкость, °С
Радиофарфоры	6,0 ÷ 7,5	$10^{12} \div 10^{16}$	$10^{-2} \div 2 \cdot 10^{-4}$	15 ÷ 30	2,4 ÷ 2,9	1200
Талько-магнезиальная керамика; стеатит, калан, фреквентит, магнезолит, ардостан, альсимаг	5,0 ÷ 6,5	$10^{13} \div 10^{15}$	$6 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-4}$	15 ÷ 45	1,8 ÷ 2,8	1400
Глиноземистая керамика:						
алюминоксид	10 ÷ 12	10^{18}	$1,5 \cdot 10^{-4}$	15	3,8	1500
керамит	7,5	10^{16}	$18 \cdot 10^{-4}$	20	3,2	1200
Пирофилит	6,0	10^{12}	$(4,5 \div 6,0) \cdot 10^{-3}$	15 ÷ 20	2,5	1000

Таблица 8-11в

Название материала	ε	ТКε, *град*$^{-1}$	tg δ ($\nu = 10$ *гц*)	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см*^{3}	Теплостойкость, °С	Примечание
Тимаг С	16	$-0,2 \cdot 10^{-4}$	$(3 \div 10) \cdot 10^{-4}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,2	1200	
» К	19	$-1,3 \cdot 10^{-4}$	$(3 \div 10) \cdot 10^{-4}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,2	1200	Повышенное отрицательное значение ТКε
Тиглин	12	$-0,3 \cdot 10^{-4}$	$(3 \div 10) \cdot 10^{-4}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,2	—	
Тиконд А	80 ÷ 90	$-5 \cdot 10^{-4}$	$(0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-3}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,9	1100	Большое отрицательное значение ТКε
» Б	60	$-6 \cdot 10^{-4}$	$(0,5 \div 2) \cdot 10^{-3}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,8	1200	
Тидол	75 ÷ 80	-10^{-3}	$(0,3 \div 1,0) \cdot 10^{-3}$	10^{14}	15 ÷ 20	3,5	1200	

Таблицы 8-12а, б и в. Свойства органических диэлектриков

В табл. 8-12а приводятся основные свойства натуральных смол и пластмасс.
В табл. 8-12б — основные свойства синтетических смол и пластмасс.
В табл. 8-12в — основные свойства восков, которые используются для пропитки, заливки и покрытий различных материалов с целью защиты их от влаги и стабилизации диэлектрических свойств.

Таблица 8-12а

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Канифоль	2,4 ÷ 2,7	0,1 ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{14} \div 10^{11}$	10 ÷ 15	1,0 ÷ 1,1	размягч. 70 ÷ 100	Применяется при пайке, так как растворяет окись меди
Шеллак	3,5	0,1 ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{16} \div 10^{15}$	15	1,0	размягч. 80 ÷ 120	Клеящий лак, плавится при 100 ÷ 115° С, хорошо растворяется в спирте, ацетоне, растворах щелочи, соды и буры
Каучук натуральный	2,3 ÷ 2,7	$(1,4 \div 5) \cdot 10^{-3}$ ($\nu = 50$ *гц*)	10^{15}	18 ÷ 25	0,91 ÷ 0,93	размягч. 90	Очень хорошо растворяется в сероводороде и легко в эфире, бензине, бензоле, хлороформе, минеральном масле. Плавится при 150 ÷ 180° С
Резина (мягкая)	2,6 ÷ 3,0	$(5 \div 20) \cdot 10^{-3}$ ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{16} \div 10^{14}$	15 ÷ 25	1,7 ÷ 2,0	50	Изоляция проводов и изолирующие амортизаторы

Продолжение

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Эбонит	4,0 ÷ 4,5	10^{-2} ($\nu = 10^6$ *гц*)	10^{13}	25	1,15	60	Применяется для изоляции в низкочастотных цепях при $t \leqslant 40°$ С
Экскапон	2,7 ÷ 3,0	$(0{,}6 \div 1{,}2) \cdot 10^{-3}$ ($\nu = 10^6$ *гц*)	$10^{17} \div 10^{14}$	35	—	130	Применяется для высокочастотных деталей, хорошо обрабатывается

Таблица 8-12б

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Бакелит А (резол)	4,2	$(0{,}8 \div 1{,}2) \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{12} \div 10^{10}$	—	1,2	плавл. 60 ÷ 80	Бакелитовые смолы растворяются в ацетоне, спирте, бензоле, феноле, глицерине, эфире. Используются для лаков, слоистых пластмасс (текстолит, гетинакс и др.), пресспорошков
Бакелит С (резит)	4,0 ÷ 4,5	$(0{,}8 \div 1{,}0) \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{12} \div 10^{10}$	10 ÷ 40	1,2 ÷ 1,3	75 ÷ 150	
Карболит К-21-22 (красный карболит)	6	$(3 \div 9) \cdot 10^2$ ($\nu = 50$ *гц*)	$5 \cdot 10^{12}$	13	1,3	100	Применяется для изготовления деталей в полях частотой $\nu \leqslant 1{,}5 \cdot 10^6$ *гц*

Продолжение

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Гетинаксы (композиция бумаги с бакелитовыми смолами)	5,0 ÷ 6,5	0,03 ÷ 0,3 ($\nu = 50$ *гц*)	10^{12}	10 ÷ 30	1,3	100	Подразделяются на четыре марки: А — повышенная $E_{пр}$, для высоковольтной аппаратуры; Б — повышенная механическая прочность, для низковольтных деталей; В — пониженные электрические потери, для телефоннои радиоаппаратуры; Г — повышенная влагостоикость
Текстолиты (композиция х/б тканей с бакелитовыми смолами)	3,4 ÷ 6,0	0,02 ($\nu = 10^3$ *гц*)	$10^{11} \div 10^{10}$	5 ÷ 15	1,3 ÷ 1,4	110 ÷ 125	Подразделяются на две марки: А (ПТ, ПТК) — повышенная электрическая прочность; Б (ПТЭ) — повышенная механическая прочность. Менее пригодны для ВЧ-аппаратуры, чем гетинаксы

Продолжение

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Поливиниловые пластмассы: полистирол (тролибул), полифлекс, стирофлекс, полиизобутилен, люкикан (поливинилкарбазол)	2,2 ÷ 2,6	$2 \cdot 10^{-4} \div 5 \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 10^6$ *гц*)	$10^{15} \div 10^{17}$	50 ÷ 20	0,91 ÷ 1,65	65 ÷ 150	Используются в высокочастотной технике до $\nu = 10^{10}$ *гц*
Полихлорвиниловые пластмассы: полихлорвинил, коросил, миколам	3,1 ÷ 3,5	$1{,}1 \cdot 10^{-2} \div 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 10^3$ *гц*)	$10^{12} \div 10^{13}$	50	1,3 ÷ 1,4	55 ÷ 60	Низкочастотный изоляционный материал для проводов и кабелей
Полиметилметакриловые пластмассы: плексиглас, люглас, сиглас, акронал	3,0 ÷ 3,6	$(2 \div 6) \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 10^3$ *гц*)	$10^{13} \div 10^{14}$	15 ÷ 20	1,2	60	Как диэлектрик широкого применения не находит. Используется в радиотехнике как прозрачный материал для шкал, визирей и т. д.

Таблица 8-12в

Название материала	ε	tg δ	ρ, *ом · см*	$E_{пр}$, *кв/мм*	Плотность, *г/см³*	Теплостойкость, °С	Примечание
Воск пчелиный	—	$3 \cdot 10^{-4}$ ($\nu = 50$ *гц*)	10^{16}	20 ÷ 25	0,96	плавл. 61 ÷ 64	При нагревании растворяется в эфире, сероуглероде, хлороформе, бензоле, скипидаре
Озокерит (горный воск)	2,3	—	10^{14}	26	0,91 ÷ 0,97	плавл. 58 ÷ 98	Мазеподобное темно-коричневое вещество
Церезин	2,2	10^{-3} ($\nu = 10^6$ *гц*)	10^{14}	30 ÷ 35	0,90 ÷ 0,95	плавл. 65 ÷ 90	Высокочастотный пропиточный материал
Парафин	2,3	$5 \cdot 10^{-4}$ ($\nu = 50$ *гц*)	$10^{18} \div 10^{16}$	25 ÷ 30	0,86 ÷ 0,91	плавл. 42 ÷ 54	Применяется главным образом при приготовлении бумажных конденсаторов. Обладает высокими диэлектрическими качествами и низкой теплостойкостью
Галовокс твердый	4,5 ÷ 5,5	$0{,}4 \cdot 10^{-2} \div 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 10^6$ *гц*)	$10^{14} \div 10^{13}$	10	1,48 ÷ 1,64	плавл. 88 ÷ 135	Применяется для пропитки конденсаторов и покровного материала деталей и узлов радиоаппаратуры
Галовокс жидкий	4,5 ÷ 5,5	$0{,}4 \cdot 10^{-2} \div 1{,}0 \cdot 10^{-2}$ ($\nu = 10^6$ *гц*)	$10^{14} \div 10^{13}$	10	1,20 ÷ 1,27	кипен. 250	Разрушает эмаль провода

Таблица 8-13. **Основные свойства сегнетокерамики СК1, СК2 и СК3**

Наименование величин	Единица измерения	Значения величин		
		СК1	СК2	СК3
Эффективная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon_э$ при 20° С, частоте 10^3 *гц* и градиенте поля 50 *в/см*	—	1000 ÷ 1700	3000 ÷ 6000	1400 ÷ 1750
Температура максимума $\varepsilon_э$	°С	-90 ± 20	$+30 \pm 25$	$> +100$
Эффективная диэлектрическая проницаемость $\varepsilon_э$ при — 60° С и при + 80°С в процентах от значения $\varepsilon_э$ при 20° С (не менее)	%	80	20	40
Удельное объемное сопротивление ρ при 100° С (не менее)	*ом · см*	10^{11}	10^{10}	10^{10}
Тангенс эффективного угла диэлектрических потерь $tg\,\delta_э$ при 20° С в слабых полях, при частоте 10^3 *гц* (не более) . .	—	0,0015	0,03	0,03
То же после увлажнения (не более)	—	0,0030	0,06	0,06
Пробивной градиент $E_{пр}$ при постоянном токе, при толщине плоских образцов 2 *мм*, под маслом (не менее)	*кв/см*	60	30	20
Динамический пьезомодуль (не менее)	*к/н*	—	—	$0{,}5 \cdot 10^{-10}$
Прочность на изгиб (не менее)	*кГ/см²*	700	500	500
Плотность	*г/см³*	7	6,5	6,5

§ 8-3. Ферромагнитные материалы

Используются для изготовления магнитопроводов, сердечников, постоянных магнитов, магнитных усилителей, запоминающих устройств, бесконтактных переключателей в волноводных трактах и других элементов радиотехнических устройств.

Существует много разнообразных ферромагнитных материалов, различающихся по химическому составу, технологии изготовления и по обработке. Условно все материалы можно разбить на *магнитномягкие* и *магнитножесткие*. В радиотехнике широкое применение находят полупроводниковые магнитномягкие материалы *ферриты* с высоким удельным объемным сопротивлением ($10^2 \div 10^8$ *ом · см*) и *магнетодиэлектрики*.

Свойства магнитного материала характеризуются кривой намагничивания

$$B = \mu H \quad \text{или} \quad I = \varkappa H,$$

где B — магнитная индукция в *гс*, I — намагниченность в *гс*, H — напряженность магнитного поля в *э* (1 ампер-виток на 1 сантиметр равен

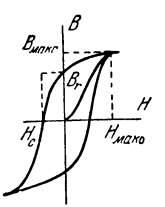


Рис. 8-5.

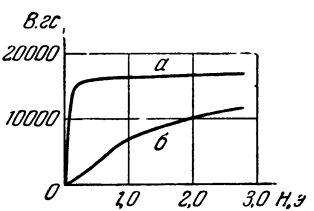


Рис. 8-6.

1,256 *э*), $\mu = 1 + 4\pi\varkappa$ — относительная магнитная проницаемость (безразмерная величина, для воздуха $\mu = 1$), $\varkappa$ — магнитная восприимчивость.

На рис. 8-5 показана кривая намагничивания, имеющая характерную для магнитного материала *петлю гистерезиса*.

Основные магнитные характеристики материала (см. рис. 8-5):

Максимальная индукция $B_{макс}$, соответствующая магнитному насыщению, когда $\varkappa$ становится равной нулю, а $\mu = 1$. Соответствующее значение напряженности магнитного поля — $H_{макс}$.

Остаточное намагничивание B_r — индукция, остающаяся после снятия положительной напряженности магнитного поля $H \geqslant H_{макс}$.

Коэрцитивная сила H_c — отрицательная напряженность, необходимая для доведения индукции от B_r до нуля.

Максимальная магнитная энергия $(BH)_{макс}$ — максимальное значение произведения индукции и напряженности магнитного поля на размагничивающей ветви петли гистерезиса (от B_r до $-H_c$). Эта величина зависит как от B_r и H_c, так и от формы петли. При неизменных значениях B_r и H_c максимальная магнитная энергия будет наибольшая в прямоугольной петле. Величина $(BH)_{макс}$ служит важной характеристикой качества постоянных магнитов.

Кривая намагничивания сильно зависит от обработки материала. На рис. 8-6 показаны две кривые для одного и того же материала (трансформаторной стали), но неодинаковой обработки. Кривая *а* — тщательно обработанный образец, *б* — экземпляр промышленного выпуска.

Магнитномягкие материалы *). Характеризуются высокой магнитной проницаемостью, малой коэрцитивной силой и малыми потерями на перемагничивание. В качестве магнитномягких материалов находят применение: чистое железо, его сплавы с кремнием и никелем и с различными добавками, подвергнутые специальной механической, термической и магнитной обработке. В чистом железе можно получить очень высокое значение $B_{макс}$, однако высокая электропроводность (потери на токи Фуко) и сильное влияние ничтожных примесей (особенно углерода) на магнитные свойства затрудняют его использование. В радиотехнике используются порошки чистого железа, смешанного с электроизолирующим материалом.

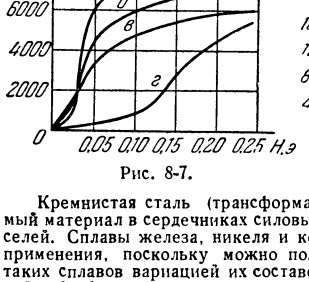


Рис. 8-7.

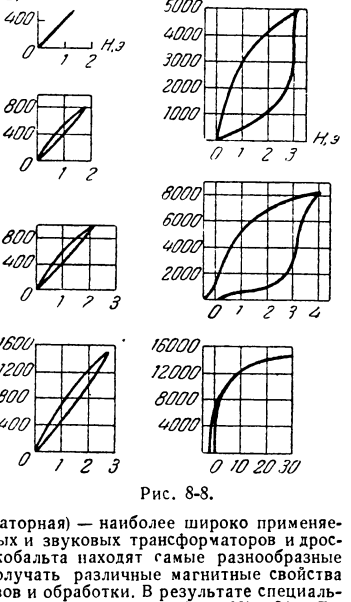


Рис. 8-8.

Кремнистая сталь (трансформаторная) — наиболее широко применяемый материал в сердечниках силовых и звуковых трансформаторов и дросселей. Сплавы железа, никеля и кобальта находят самые разнообразные применения, поскольку можно получать различные магнитные свойства таких сплавов варьацией их составов и обработки. В результате специальной обработки удалось получить в монокристалле (66% Ni, 34% Fe) $\mu_{макс} = 1330000$. Типичные кривые намагничивания железоникелевых сплавов показаны на рис. 8-7 (*а* — 78,5% Ni; *б* — 78,5% Ni, 3,8% Mo; *в* — 78,5% Ni, 3,8% Cr; *г* — 45% Ni, остальное во всех сплавах — железо), из которых видно, что можно изменением состава сплава менять в широком масштабе начальную и максимальную магнитную проницаемость.

На **рис. 8-8** показано семейство различных петель гистерезиса сплава перминвар (45% Ni, 30% Fe, 25% Co) при увеличении амплитуды переменного магнитного поля (низкой частоты) от 1,5 до 30 *э*. Как видно из этого рисунка, для полей порядка 1,5 *э* проницаемость остается постоянной ($\mu_0 = 400$) и практически полностью отсутствует гистерезис. Это существенно при изготовлении катушек с большой индуктивностью и малыми потерями.

*) Подробнее см. Л. И. Рабкин и Н. Н. Шольц, Магнитодиэлектрики и феррокатушки, М.-Л., 1948; Л. И. Рабкин и Б. Ш. Эпштейн, Неметаллические ферромагнетики (ферриты) в аппаратуре связи, М., 1955; А. Ф. Сенченков и Л. Г. Фурштейн, Применение ферритов в радиоаппаратуре, М.-Л., 1956.

Ферриты представляют собой магнитные материалы, состоящие из окислов железа и окислов других металлов (никеля, лития и пр.). Изготовляются в виде готовых сердечников методами керамической технологии (обрабатываются только шлифовкой и полировкой). Используются в качестве высокочастотных ферромагнетиков в контурных катушках, в качестве сердечников трансформаторов развертки телевизионных приемников и импульсных трансформаторов, в волноводных управляемых элементах сверхвысоких частот, в вычислительных машинах и в качестве магнитных экранов.

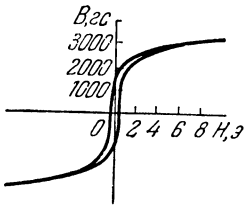


Рис. 8-9

Наибольшее распространение имеют никель-цинковые ферриты; они маркируются НЦ-100, НЦ-250, НЦ-1000 и т. д. (цифры указывают значение магнитной проницаемости в слабых полях). Плотность их $3 \div 5$ *г/см*^{3}, удельное сопротивление $10 \div 10^7$ *ом · см*. Магнитные характеристики ферритов показаны на рис. 8-9, 8-10, 8-11.

На рис. 8-9 приведена гистерезисная кривая феррита с высокой проницаемостью ($B_{макс} = 2700$ *гс*, $B_r = 1500$ *гс*, $H_c = 0{,}2$ *э*).

На рис. 8-10 даны кривые зависимости начальной проницаемости никель-цинковых ферритов от частоты (*1* — $\mu_0 = 2000$; *2* — $\mu_0 = 1500$; *3* — $\mu_0 = 400$; *4* — $\mu_0 = 80$; *5* — $\mu_0 = 30$).

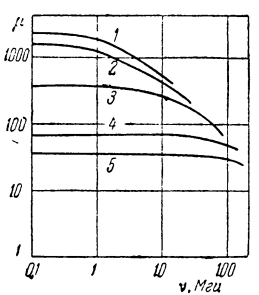


Рис. 8-10.

На рис. 8-11 показана зависимость начальной проницаемости никель-цинковых ферритов от температуры.

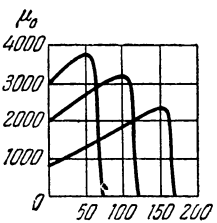


Рис. 8-11.

Магнетодиэлектрики изготовляются прессовкой порошкообразного ферромагнетика с изолирующим материалом-связкой. Используются главным образом в качестве сердечников высокочастотных катушек индуктивности и трансформаторов.

В качестве ферромагнитной основы в магнетодиэлектриках применяются: карбонильное железо, пермаллой, альсифер, магнетин. Изолирующей связкой служат: шеллак, феноло-формальдегидные смолы, полистирол, жидкое стекло и др.

Магнитная проницаемость магнетодиэлектрика $\bar{\mu}$ много меньше μ основы. При вычислении $\bar{\mu}$ можно пользоваться формулой $\bar{\mu} = \mu^p$, где p — коэффициент ферромагнитного заполнения объема магнетодиэлектрика. Следует иметь в виду, что *эффективная магнитная проницаемость* неторoидального сердечника из магнетодиэлектрика зависит от формы сердечника и меньше $\bar{\mu}$, измеренной на тороиде.

Таблица 8-14. **Свойства некоторых магнитномягких материалов**

Материал	Химический состав	μ_0	$\mu_{макс}$	H_c, э	$B_{макс}$, гс	$\rho \cdot 10^6$, ом · см
Монокристалл чистейшего железа	Fe	—	1 430 000	0,15	—	10
Технически чистое железо	99,9% Fe	200	5 000	1,0	21 500	10
Трансформаторная сталь	96% Fe, 4% Si	450	8 000	0,4 ÷ 0,6	19 700	60
Пермаллой 45	54% Fe, 45% Ni	2 500	25 000	0,3	16 000	50
Пермаллой 78	21% Fe, 78% Ni	8 000	100 000	0,05	10 000	16
Супермаллой	15% Fe, 79% Ni, 5% Mo	100 000	900 000	0,004	8 000	60
Пермендюр	49% Fe, 49% Co, 2% V	800	4 500	2,0	24 500	26
Альсифер	85% Fe, 5% Al, 9% Si	30 000	120 000	0,05	10 000	80
Ферриты	NiO, ZnO, Fe_2O_3	1 000	—	0,01 ÷ 0,1	—	$10^8 \div 10^{14}$
Порошкообразный пермаллой (магнетодиэлектрик)	Fe, Ni	125	130	—	—	10^{12}

Таблица 8-15. **Промышленные железоникелевые сплавы с высокой магнитной проницаемостью**

Обозначение сплава	Характеристика	Область применения
45Н 50Н	Повышенная проницаемость, наивысшее значение индукции насыщения	Силовые трансформаторы, дроссели, реле и детали цепей, работающих при повышенных индукциях без подмагничивания или с малым подмагничиванием
50НП	Повышенная проницаемость, наивысшее значение индукции насыщения, прямоугольная петля гистерезиса.	Магнитные усилители, дроссели, переключающие устройства и выпрямительные установки, элементы вычислительных машин
65НП	Высокая проницаемость, относительно высокая индукция насыщения, прямоугольная петля гистерезиса	То же, что 50НП
38НС 42НС 50НХС	Повышенная магнитная проницаемость, высокое удельное электросопротивление и малое магнитное последействие	Импульсные трансформаторы и аппаратура связи звуковых и более высоких частот без подмагничивания или с малым подмагничиванием
79НМ	Высокая магнитная проницаемость, повышенное удельное электросопротивление	Малогабаритные трансформаторы, дроссели, магнитные экраны. При толщине 0,05 ÷ ÷0,02 *мм* импульсные трансформаторы, магнитные усилители
80НХС	Особо высокая магнитная проницаемость и высокое удельное электросопротивление	
79НМА	Повышенная магнитная проницаемость и повышенное удельное электросопротивление	

Примечания к табл. 8-15. I. Все механические операции, необходимые для изготовления сердечников (вырубка, рихтовка пластин, резка и навивка лент и др.), производятся до их термической обработки. II. Термическая обработка материала заключается в отжиге в вакууме с остаточным давлением не более 10^{-2} *мм* Hg или в сухом очищенном водороде с последующим регулируемым ступенчатым или медленным охлаждением по специальным режимам для каждого сорта материала.

Таблица 8-15. **Промышленные железоникелевые сплавы с высокой магнитной проницаемостью,** *продолжение*

Толщина, *мм* (от — до)	μ_0 (не менее)	$\mu_{макс}$ (не менее)	$B_{макс}$, *гс* (не менее)	H_C, *э* (не более)	ρ, *ом·мм²/м*
2,5 ÷ 0,05	2 500 ÷ 1 700	23 000 ÷ 16 000	15 000	0,2 ÷ 0,3	0,15
2,5 ÷ 0,05	2 500 ÷ 1 900	25 000 ÷ 19 000	15 000	0,18 ÷ 0,25	0,45
0,5 ÷ 0,2	1 000 ÷ 900	40 000 ÷ 30 000	15 000	0,3 ÷ 0,45	0,45
1,0 ÷ 0,02	400	100 000 ÷ 35 000	13 000	0,15 ÷ 0,2	0,25
0,2 ÷ 0,02	3 000 ÷ 2 500	25 000 ÷ 20 000	9 500	0,15	0,85
1,0 ÷ 0,02	3 200 ÷ 1 500	30 000 ÷ 12 000	10 000	0,12 ÷ 0,30	0,90
2,5 ÷ 0,02	22 000 ÷ 14 000	120 000 ÷ 60 000	7 500	0,02 ÷ 0,06	0,55
2,5 ÷ 0,02	25 000 ÷ 16 000	150 000 ÷ 70 000	7 000	0,01 ÷ 0,05	0,63
1,0 ÷ 0,02	50 000 ÷ 18 000	300 000 ÷ 80 000	7 500	0,01 ÷ 0,06	0,56

Таблица 8-16. **Основные данные промышленных ферритов**

Тип феррита	μ	Предельная рабочая температура, °С	$B_{макс}$, *гс*	Макс. частота, *Мгц*	Маркировочный знак	Применение
Оксифер-2000-I	2 000	55	2 500	0,8	Две белые полосы	Сердечники широкополосных трансформаторов, трансформаторов строчной развертки, отклоняющих систем и магнитных усилителей
Оксифер-2000-II	2 000	70	2 500	0,8	Две белые полосы накрест	
Оксифер-1000	1 000	110	3 200	2,0	Одна белая полоса	
Оксифер-600	600	120	3 100	2,0	Две желтые полосы	То же
Оксифер-500	500	120	2 800	5	Одна желтая полоса	
Оксифер-400	400	120	2 300	10	Четыре красные полосы	
Оксифер-200	200	120	1 800	25	Две красные полосы	
Оксифер И-4	200	250	4 200	—	Одна черная полоса	Высокочастотные устройства. Устройства повышенной мощности
Оксифер И-5	150	360	4 800	—	Две черные полосы	
Оксифер РЧ-15	15	400	1 850	50	Две голубые точки	Сердечники катушек фильтров и контуров радиоаппаратуры, сердечники магнитных усилителей и магнитных вариометров
Оксифер РЧ-10	10	400	1 400	50	Одна голубая точка	

Таблица 8-17. **Наиболее распространенные отечественные магнетодиэлектрики**

Материалы	$\bar{\mu}$	Примечание
Прессованное электролитическое железо — Прэльфер ТЧ-30	30	Магнетодиэлектрик для катушек и трансформаторов в радиоаппаратуре тональных (звуковых) частот
Прессованный Al, Si, Fe — Альсифер ТЧ-60	60	
Прессованный пермалой — Пресперм ТЧ-80	80	
Пресперм ВЧ-30	30	Магнетодиэлектрики для частот $10 \div 50$ *кгц*
Альсифер ВЧ-30	30	
Пресперм ВЧ-20	20	Магнетодиэлектрики для частот $30 \div 150$ *кгц*
Альсифер ВЧ-20	20	
Альсифер РЧ-9	9	Магнетодиэлектрики для частот свыше 150 *кгц*
Альсифер РЧ-6	6	
Прессованное карбонильное железо	$8 \div 9$	
Прессованный магнетит . . .	$6 \div 9$	

Магнитножесткие материалы *). Используются для изготовления постоянных магнитов; имеют высокие значения остаточной индукции и коэрцитивной силы. При этом у них велики потери на гистерезис и мала

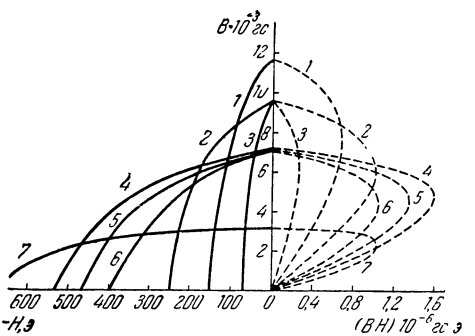


Рис. 8-12.

магнитная проницаемость, что, однако, не ухудшает качества постоянных магнитов.

Постоянные магниты используются в радиотехнике для создания магнитного потока в зазоре. Так как в этом случае магнитная цепь разомкнута, то возникает *размагничивающее поле*, величина которого зависит от величины и формы зазора. В результате остаточная индук-

*) Подробнее см. А. С. Кантор, Постоянные магниты, М. — Л., 1938; Б. Г. Лившиц, Высококоэрцитивные сплавы, М., 1945.

ция в постоянном магните с зазором будет не B_r, а меньше. Следовательно, для сохранения наибольшей величины остаточной индукции необходимо иметь по возможности большую коэрцитивную силу. Если при этом размагничивающая петля близка к прямоугольной, то размагничивающее поле лишь незначительно уменьшает остаточную индукцию. Все эти факторы учитываются в выражении *максимальной магнитной энергии* $(BH)_{макс}$, которым и принято определять качество магнитожесткого материала. На рис. 8-12 приведены размагничивающие петли гистерезиса и кривые магнитной энергии (BH), как функции B, для типичных магнитожестких материалов [*1* — кобальтовый вольфрам (Co, W, Fe); *2* — кобальтовая сталь (Co, Fe); *3* — хромовая сталь (Cr, Fe); *4* — альнико-ку (Al, Ni, Co, Cu, Fe); *5* —альнико (Al, Ni, Co); *6* — альни (Al, Ni, Fe); *7* — оксид (CaO, Fe_2O_3, Fe_3O_4)].

Таблица 8-18. **Свойства некоторых магнитожестких материалов**

Материал	Химический состав	$(BH)_{макс} \cdot 10^{-6}$	H_c, э	B_r, гс
Углеродистая сталь	1% C, 0,5% Mn, ост. Fe	0,2	51	9 500
Вольфрамовая сталь	6 % W, 0,7 % C, 0,4% Mn, ост. Fe	0,3	65	10 500
Хромистая сталь	6% Cr, 1,1% C, 0,4% Mn, ост. Fe	0,3	74	9 500
Кобальтовая сталь	15% Co, 5÷9 % Cr, 1% W, 1% C, 0÷1,5% Mn, ост. Fe	0,62	180	8 200
Альни	12% Al, 25% Ni, ост. Fe	1,4	500	7 000
Альниси	14% Al, 34% Ni, 10% Si, ост. Fe	1,1	800	4 200
Альнико	12% Al, 8% Ni, 10% Co, ост. Fe	1,3	695	5 750
Магнико	13,5% Ni, 8% Al, 24% Co, 3% Cu, ост. Fe	4,5	580	13 300
Викаллой	13% V, 52% Co, ост. Fe	3,0	450	10 000
Оксид (виктолит)	Прессуется из смеси CoO, Fe_2O_3, Fe_3O_4	1,0	300÷÷1 100	6 000 ÷÷1 500

Примечания к табл. 8-18. I. Железо-никель-алюминиевые сплавы нековкие, поэтому магниты требуемой формы изготовляются из них только путем отливки и шлифовки. II. Наилучшие магнитные качества магнико и виктолита получаются после термомагнитной обработки и в направлении приложенного магнитного поля при термообработке. В викаллое наилучшие магнитные качества получаются в направлении прокатки или протяжки после термомеханической обработки. III. Оксиды, имея достаточно хорошие магнитные свойства, обладают малой электропроводностью, поэтому их удобно использовать для постоянных магнитов, находящихся в переменном магнитном поле, так как при этом будут малы потери на токи Фуко.

Глава 8-2

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ *)

§ 8-4. Элементы сопротивления

Элементы сопротивления делятся на *проволочные* и *непроволочные* (т. е. изготовленные из специального проводящего состава).

Ниже перечислены основные параметры элемента сопротивления.

Величина сопротивления R ом.

Мощность P вт — допустимая рассеиваемая средняя мощность.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС)

$$\alpha = (1/R)\,(dR/dt)\ \textit{град}^{-1}$$

характеризует зависимость сопротивления от температуры.

Реактивные паразитные параметры: индуктивность L и емкость C.

На рис. 8-13 представлена эквивалентная схема элемента сопротивления с учетом паразитных параметров.

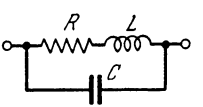


Рис. 8-13.

В обычных условиях использования элементов сопротивления имеют место неравенства: $\omega L \ll R \ll \frac{1}{\omega C}$. Если обозначить $Q^2 = \frac{L}{CR^2}$ и учесть указанные неравенства, то для модуля z и фазового угла φ комплексного сопротивления элемента сопротивления $\tilde{z} = ze^{j\varphi}$ получаются следующие соотношения:

$$z \approx R\left[1 + \frac{1}{2}(Q^2 - 1)\,(\omega RC)^2\right],$$

$$\varphi = (Q^2 - 1)\,\omega RC.$$

Следовательно, при $Q = 1$ паразитные параметры не сказываются; при $Q > 1$ $\tilde{z}$ несколько больше R и носит индуктивный характер, а при $Q < 1$ (что чаще всего наблюдается у реальных элементов сопротивления), $\tilde{z}$ несколько меньше R и носит емкостной характер.

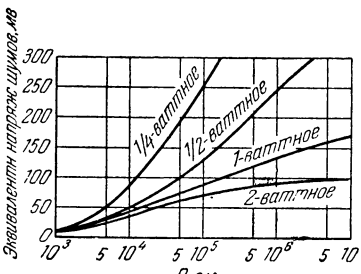


Рис. 8-14.

Собственные шумы сопротивлений. На всяком элементе сопротивления за счет электрических флуктуаций возникают хаотические переменные напряжения, даже если через элемент не пропускается электрический ток. Средняя квадратичная величина $\overline{u_{\text{ш}}^2}$ напряжения шумов определяется формулой Найквиста

$$\overline{u_{\text{ш}}^2} = 4kT\int_{\nu_1}^{\nu_2} R\,d\nu,$$

*) Более подробные сведения можно найти в книге: В. Н. Логинов, Справочник по радиодеталям, М.—Л., 1949.

где R — активная составляющая сопротивления на данной частоте ν, ν_1 и ν_2 — нижняя и верхняя границы частот, T — абсолютная температура элемента сопротивления, k — постоянная Больцмана. Графитовые элементы сопротивления, в отличие от проволочных, обладают повышенным уровнем собственных шумов при прохождении по ним электрического тока. Эти дополнительные шумы обусловлены неоднородностью токопроводящей массы и зависят от материала, размеров и величины сопротивления. На рис. 8-14 приведены кривые уровня шумов, характерные для графитовых сопротивлений.

Проволочные элементы сопротивления. Обычно наматываются тонким высокоомным проводом (чаще всего нихромовым) на каркасе из пластмассы или керамики. Каркас мощных сопротивлений иногда выполняют в виде металлической пластины, покрытой асбестом. При изготовлении переменных проволочных сопротивлений (реостатов и потенциометров) значительной мощности (более 10 *вт*) обычно используется голый провод, оксидированный для изоляции между витками; изменение сопротивления осуществляется перемещением подвижного контакта. Если рассеиваемая мощность менее 15 *вт*, провод наматывается на фибровую пластинку, которая затем изгибается так, что подвижной контакт скользит по ее наружному ребру. В этих случаях обычно применяется эмалированный провод со счищенной по линии скольжения контактов эмалью. Проволочные сопротивления по сравнению с непроволочными обладают повышенной стабильностью, малыми шумами и могут иметь большую мощность и величину сопротивления от долей ома до 10^5 *ом*. Но вместе с тем у них сильнее выражены реактивные паразитные параметры, а стоимость их выше. Реактивность проволочных элементов сопротивления можно уменьшить, используя специальные виды намоток. На рис. 8-15 показаны виды намотки, применяемые для уменьшения реактивности.

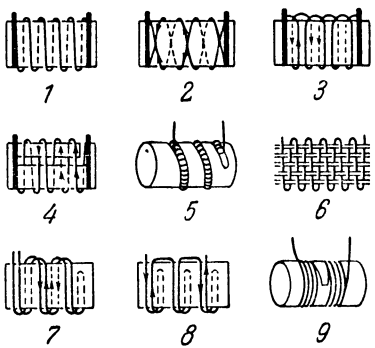


Рис. 8-15.

Простая плоская намотка *1* в один слой имеет малую индуктивность при очень тонкой слюдяной пластинке, служащей каркасом; закрепленные на краях пластинки медные полоски служат выводами и придают жесткость элементу сопротивления.

При способе Айртон — Перри *2* на тонкую полоску наматывается один слой изолированной проволоки, после чего на эту обмотку в противоположном направлении укладываются витки второй однослойной обмотки. Обе обмотки, уложенные таким образом, соединяются параллельно и в результате суммарное магнитное поле, создаваемое элементом сопротивления, практически равно нулю. Этот вид намотки имеет очень малую емкость.

При петлевом способе *3* направление намотки меняется через каждые полвитка, вследствие чего магнитные поля соседних частей витков компенсируются. Тот же эффект имеет место при намотке типа «восьмерка» *4*, так как проволока проходит сквозь прорезь не каждый раз подходя к ней, а через виток.

Таблица 8-19. **Проволочные элементы сопротивления, постоянные**

Тип	Обозначение	P, *вт*	R, *ом*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Примечание
				диаметр	длина	
Трубчатые проволочные эмалированные	ПЭ-7,5	7,5	5÷5000	13	40	Интервал рабочих температур — 60 ÷ + 70°С. Сопротивление изоляции керамической трубки не менее 1000 *Мом*. Допустимые отклонения ± 5 %, ± 10 %
	ПЭ-15	15	5÷5000	17	50	
	ПЭ-20	20	2,5÷5000	21	50	
	ПЭ-25	25	5÷5600	25	50	
	ПЭ-50	50	1÷15000	25	90	
	ПЭ-75	75	1÷30000	25	160	
	ПЭ-150	150	0,9÷50000	33	215	
Трубчатые проволочные эмалированные, влагостойкие	ПЭВ-2,5	2,5	43÷430	13	26	ПЭВ-Х отличаются наличием у них передвигающегося хомутика, который может быть использован для регулировки величины сопротивления. Интервал рабочих температур — 60 ÷ + 100° С. Допустимые отклонения ± 5 %, ± 10 %
	ПЭВ-7,5	7,5	5÷3300	14	35	
	ПЭВ-10	10	5÷10000	14	41	
	ПЭВ-10Х	10	5÷200	14	41	
	ПЭВ-15	15	5÷15000	17	45	
	ПЭВ-15Х	15	20÷220	17	45	
	ПЭВ-20	20	10÷20000	17	51	
	ПЭВ-20Х	20	20÷430	17	51	
	ПЭВ-25	25	10÷24000	21	51	
	ПЭВ-25Х	25	10÷510	21	51	
	ПЭВ-30	30	10÷30000	21	71	
	ПЭВ-30Х	30	20÷1000	21	71	
	ПЭВ-40	40	20÷51000	21	87	
	ПЭВ-50	50	20÷51000	29	91	
	ПЭВ-50Х	50	24÷1500	29	91	
	ПЭВ-75	75	51÷51000	29	140	
	ПЭВ-100	100	51÷56000	29	170	
	ПЭВ-100Х	100	51÷2700	29	170	

При спиральной намотке *5* тонкая проволока укладывается в виде спирали на тонкий шнур, служащий гибким каркасом (индуктивность мала из-за малого диаметра спирали), а затем спираль наматывается на цилиндрическую катушку небольшим числом витков.

Ленточная намотка *6* имеет малую индуктивность по той же причине, что и простая плоская намотка. Изготовляется она вплетением проволоки в шелковую или хлопчатобумажную ткань. При плетении нити служат основой, а проволока утком.

Бифилярная обмотка *7* при малой индуктивности обладает значительной емкостью вследствие взаимной близости концов, особенно в начальной части витков, находящихся под максимальной взаимной разностью потенциалов. Значительное уменьшение емкости дает разбивка всей намотки на несколько последовательных бифилярных секций *8*.

Секционированная намотка *9* имеет довольно малую емкость; уменьшение индуктивности получается при разных направлениях намотки в соседних секциях.

Непроволочные (мастичные) элементы сопротивления. Изготовляются в виде стержней, спрессованных из специально обработанной графитной массы, или в виде тонкой проводящей пленки, нанесенной на изолирующий стерженек. Промышленность выпускает серийно непроволочные сопротивления мощностью от 0,1 до 100 *вт* с величиной сопротивления от 1 *ом* до десятков *Мом*. В таблице 8-20 (стр. 478) приведены характеристики непроволочных элементов сопротивления (постоянных).

Непроволочные элементы сопротивления менее стабильны, чем проволочные. Имеется три стандарта допусков — 20 %, 10 и 5 % отклонения величины сопротивления от номинального. В соответствии с допуском установлена и номенклатура величины сопротивления.

Номенклатура сопротивлений в зависимости от допуска

Допуск ± 5 %: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91 *ом*.
» ± 10 %: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82 *ом*.
» ± 20 %: 10, 15, 22, 33, 47, 68 *ом*.

В последующих разрядах к указанным значениям добавляются нули. Например, непроволочное сопротивление в 70 *ком* следует выбирать из тех, которые маркированы 68 *ком*.

Переменный непроволочный элемент сопротивления (потенциометр). Потенциометр представляет собой подковообразный мастичный элемент с выводами от концов, по которому движется тонкий металлический контакт при вращении скрепленной с ним оси. В зависимости от закона изменения величины сопротивления с углом поворота оси движка потенциометры бывают: линейные, когда величина сопротивления пропорциональна углу поворота оси движка, логарифмические и показательные, когда величина сопротивления меняется соответственно в логарифмической или показательной зависимости от угла поворота оси *) по часовой стрелке. На рис. 8-16 приведены кривые зависимости величины сопротивления от угла поворота оси. По оси абсцисс отложены проценты от полного угла поворота ($\alpha = 250°$), по оси ординат — проценты от полного сопротивления.

Потенциометры типа СП. Эти потенциометры широко используются в радиоаппаратуре. Из них: линейные потенциометры изготовляются на разную номинальную величину сопротивления в диапазоне от 470 *ом* до 4,7 *Мом*, логарифмические и показательные — только от 22 *ком* до 2,2 *Мом*.

*) Максимальная величина сопротивления потенциометра указывается на нем как номинальная.

Допустимое отклонение от номинала ± 20 %. ТКС не более $2 \cdot 10^{-3}$. Интервал рабочих температур: $-60 \div +70°$ С.

По максимальной рассеиваемой мощности (при полностью введенном сопротивлении) СП делятся на три типа: полуваттные, ваттные и двухваттные. Линейный закон изменения сопротивления имеют только ваттные и двухваттные потенциометры СП, логарифмический и показательный — полуваттные и ваттные.

Размеры потенциометра СП без выводов, без оси и втулки крепления: диаметр 29 *мм*, толщина 15 *мм*.

Потенциометры СП, кроме того, бывают: со свободным вращением оси (обозначаются СП-I), с устройством стопорения оси для фиксации положения (обозначаются СП-II), сдвоенные со свободным вращением оси (обозначение СП-III), сдвоенные со стопорением оси СП-IV.

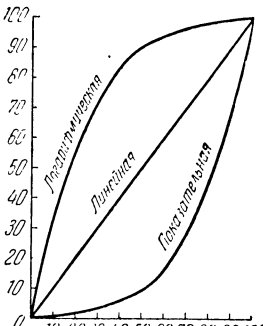


Рис. 8-16.

Потенциометры типа СПО. Имеют толстый проводящий слой (объемные), отличаются высокой влагостойкостью, повышенной надежностью и малыми габаритами. Интервал рабочих температур — $60 \div +80°$ С. ТКС не более $2 \cdot 10^{-3}$. Допустимые отклонения от номинала ± 10 % и ± 20%. Изменение сопротивления с углом поворота движка только линейное.

СПО-0,15: мощность рассеяния до 0,15 *вт*: предельное рабочее напряжение 100 *в*; величина сопротивления от 100 *ом* до 1 *Мом*.

СПО-0,5: мощность рассеяния до 0,5 *вт*; предельное рабочее напряжение 250 *в*; величина сопротивления от 100 *ом* до 4,7 *Мом*. Размеры без выводов, без оси и втулки крепления: диаметр 15,6 *мм*, толщина 11,2 *мм*.

СПО-2: мощность рассеяния до 2 *вт*; предельное рабочее напряжение 600 *в*; величина сопротивления от 47 *ом* до 4,7 *Мом*. Выпускаются одинарные (СПО-2; I, II) и сдвоенные (СПО-2; III, IV). Размеры без выводов, без оси и втулки крепления: диаметр 28 *мм*, толщина 15 *мм* (СПО-2, I, II) и 28 *мм* (СПО-2; III, IV).

Потенциометры типа СНК и СНВК. Сдвоенные потенциометры с двумя самостоятельными осями вращения, находящимися одна в другой. На верхнем сопротивлении СНВК имеется выключатель. Интервал рабочих температур — $60 \div +60°$ С. Допустимые отклонения от номинала ± 25%

Мощности рассеяния:

СНК — на верхнем элементе 0,5 *вт*, на нижнем 0,2 *вт*,

СНВК — на верхнем 0,5 *вт*, на нижнем 0,4 *вт*.

Номинальные сопротивления: СНК — верхнее 100 *ком*, нижнее 1 *Мом*, СНВК — верхнее 100 *ком*, нижнее 22 *ком*.

Размеры без выводов, без оси и втулки крепления: диаметр 33,5 *мм*, толщина СНК 32 *мм*, СНВК 40 *мм*.

Потенциометры типа ТК и ВК. Используются главным образом в приемной радиовещательной аппаратуре. Потенциометр ТК — с выключением питания на общей оси, ВК — без выключения. Максимальная рассеиваемая мощность 0,5 *вт*. Диапазон номинальных сопротивлений: линейные от 2,5 *ком* до 7,5 *Мом*, логарифмические от 15 *ком* до 2 *Мом* и показательные от 36 *ком* до 2 *Мом*.

Размеры без выводов, без оси и втулки крепления: диаметр 33,5 *мм*, толщина ТК 21,3 *мм*, ВК 15 *мм*.

Таблица 8-20. **Непроволочные элементы сопротивления, постоянные**

Тип	Обозначение	P, *вт*	R, *ом*	$U_{раб}$, *в*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*	Примечание
					диаметр	длина		
Углеродистые лакированные	ВС-0,25	0,25	27—5,1 · 10^6	300	5,4	17,5	1,2	Интервал температур —60 ÷ ÷ + 100° С. ТКС не более — 0,2. Допустимые отклонения ± 5 %; ± 10 %; ± 20 %
	ВС-0,5	0,5	27÷10^7	450	5,4	27,5	1,6	
	ВС-1	1,0	47÷10^7	600	7,2	31	3,2	
	ВС-2	2,0	47÷10^7	750	9,5	51	8,5	
	ВС-5	5,0	47÷10^7	1000	18,5	77	30	
	ВС-10	10	47÷10^7	1500	28,5	123	100	
Углеродистые лакированные малогабаритные	УЛМ-0,12	0,12	27÷10^6	100	2,0	6,5	—	Интервал температур от — 60 ÷ + 100° С; выводы расположены перпендикулярно к оси элемента
Углеродистые лакированные измерительные	УЛИ-0,1	0,1	1÷10	1	5,4	16	—	Интервал температур — 60 ÷ ÷ + 80° С. ТКС не более — 0,1. Допустимые отклонения не более ± 1 %; ± 2; ± 3 %
	УЛИ-0,25	0,25	1÷10^6	350	7,2	27	—	
	УЛИ-0,5	0,5	0,75÷10^6	500	9,5	30	—	
	УЛИ-1	1,0	1÷10^6	700	11,5	48	—	

Продолжение

Тип	Обозначение	P, *вт*	R, *ом*	$U_{раб}$, *в*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*	Примечание
					диаметр	длина		
Углеродистые незащищенные ультравысокочастотные	УНУ-0,1	0,10	7,5÷100	70÷100	1,8	6	—	Интервал температур — 60÷+130° С. ТКС не более — $6 \cdot 10^{-4}$. Допустимые отклонения не более ±10%. В графе $U_{раб}$ указано наибольшее импульсное напряжение
	УНУ-0,15	0,15	7,5÷100	70÷100	3,0	9	—	
	УНУ-0,25	0,25	7,5÷50	100÷250	4,3	14,5	—	
	УНУ-0,5	0,5	4; 50; 55; 62; 75	450	4,3	24,5	—	
	УНУ-1	1,0	50; 62; 75	500	6,2	28	—	
	УНУ-2	2,0	50; 75	750	8,2	46	—	
	УНУ-5	5,0	50; 75	750	15	75	—	
	УНУ-10	10	50; 75	3200÷4000	24	120	—	
	УНУ-25	25	50; 75	5000÷6500	28	180	—	
	УНУ-50	50	50; 75	7500÷8700	43,5	250	—	
	УНУ-100	100	75	12500	53	350	—	
Металлизированные теплостойкие малогабаритные	МЛТ-0,5	0,5	100÷5,1·10⁶	350	3,8	10,4	0,6	Интервал температур — 60÷+120° С. ТКС не более ±10^{-3}. Допустимые отклонения ±5 %; ±10 %; ±20%
	МЛТ-1	1,0	100÷10⁷	500	6,2	12,5	1,4	
	МЛТ-2	2,0	100÷10⁷	750	8,2	18,0	3,0	
Металлизированные герметизированные прецизионные	МГП(а)	—	100÷5,1·10⁵	—	8,4	18,5	—	Интервал температуры +10÷+60° С. ТКС не более ±$2 \cdot 10^{-4}$. Допустимые отклонения ±0,5 %; ±1,0 %
	МГП(б)	—	5,1·10⁵÷5,1·10⁶	—	16	50	—	

Продолжение

Тип	Обозначение	P, *вт*	R, *ом*	$U_{раб}$, *в*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*	Примечание
					диаметр	длина		
Бороуглеродистые лакированные прецизионные	БЛП-0,1	0,1	$1 \div 20$ $20 \div 10^5$	150	5,5 5,4	14,5 18,5	— —	Интервал температур $-5 \div +60°$ С; ТКС не более $-2 \cdot 10^{-3}$; допустимые отклонения $\pm 0{,}5$ %; $\pm 1{,}0$ %.
	БЛП-0,25	0,25	$1 \div 20$ $20 \div 10^5$	300	7,0 5,5	14,0 28,0	— —	
	БЛП-0,5	0,5	$1 \div 20$ $20 \div 10^5$	400	9,0 7,5	15,5 31,5	— —	
	БЛП-1	1,0	$1 \div 20$ $20 \div 10^5$	500	11,0 9,0	24,0 46,0	— —	
Композиционные вакуумные мегомные	КВМ	—	$10^7 \div 10^{12}$	30	8,5	41	—	Интервал температур $-50 \div +60°$ С. Допустимые отклонения ± 10 %; ± 20 %
Композиционные лакированные мегомные	КЛМ-1 КЛМ-2	—	$10^7 \div 10^{11}$ $1{,}5 \cdot 10^{11} \div 10^{12}$	$300 \div 600$	7,0 5,5	33 28	— —	Интервал температур $-40 \div +60°$ С. Допустимые отклонения ± 20%. До 100 *Ом* $U_{раб}$ 300 *в*, от 100 *Ом* до 100 *Гом* — 600 *в*, свыше 100 *Гом* — 300 *в*
Композиционные лакированные высоковольтные	КЛВ-10	0,5	$47 \cdot 10^6 \div 10^9$	$5000 \div 10000$	9,5	47,0	—	Интервал температур $-40 \div +60°$ С. Допустимые отклонения ± 15 %.
	КЛВ-35	5,0	$10^8 \div 10^9$	$22000 \div 35000$	11,5	147	—	

§ 8-5. Конденсаторы *)

Конденсаторы классифицируются в основном по типу заполняющих их диэлектриков. В радиотехнике применяются следующие типы конденсаторов: воздушные, слюдяные, керамические, бумажные, электролитические.

Основными электрическими характеристиками конденсаторов являются:

Емкость C, измеряемая в *мкф* или *пкф*. Промышленностью серийно выпускаются конденсаторы емкостью от 1 *пкф* до 2000 *мкф*. При этом фактическое значение емкости отличается в пределах допуска от номинального значения, помеченного на конденсаторе. В таблице 8-21 указаны номинальные емкости в соответствии с принятым стандартом.

Таблица 8-21. **Шкала номинальных емкостей постоянных конденсаторов в пределах от 1 *пкф* до 2000 *мкф*** [1])

пкф				*мкф*					
1	10	100	1 000	0,01	0,1	1	10	100	1 000
	11	110	1 100						
	12	120	1 200	0,012*	0,12*	1,2	12	120*	1 200*
	13	130	1 300						
1,5	15	150	1 500	0,015	0,15	1,5	15	150	1 500
	16	160	1 600						
	18	180	1 800	0,018*	0,18	1,8*	18*	180*	1 800*
2	20	200	2 000	0,02	0,2	2	20	200	2 000
	22	220	2 200						
2,5*	24	240	2 400	0,025	0,25	2,5*	25*	250	
	27	270	2 700						
3	30	300	3 000	0,03	0,3*	3	30	300	
	33	330	3 300						
3,5	36	360	3 600						
4	39	390	3 900	0,04	0,4*	4	40*	400	
4,5	43	430	4 300						
	47	470	4 700						
5	51	510	5 100	0,05	0,5	5*	50	500	
5,5*	56	560	5 600						
6	62	620	6 200	0,06*	0,6	6	60*	600*	
7	68	680	6 800	0,07	0,7	7*	70	700*	
	75	750	7 500						
8	82	820	8 200	0,08*	0,8	8	80*	800	
9	91	910	9 100						

Примечание к табл. 8-21. [1]) Емкости, обозначенные звездочкой (*), по возможности не применять.

В зависимости от допуска по емкости конденсаторы разделяются на четыре основных класса: 0 класс — допуск ± 2%; I — допуск ± 5%; II — допуск ± 10%; III — допуск ± 20%. Для электролитических конденсаторов введены три дополнительных класса точности: IV — допуск от — 10 до + 20%; V — допуск от — 20% до + 30%; VI — допуск от — 20% до + 50%.

*) Подробнее см. В. Т. Ренне, Электрические конденсаторы, М. — Л., 1959.

Рабочее напряжение $U_{раб}$ — напряжение, при котором конденсатор может надежно работать в течение длительного времени (обычно не менее 10 тыс. часов). Иногда указывается $U_{ис}$ — *испытательное напряжение*, которое конденсатор выдерживает без пробоя в течение небольшого промежутка времени (5 *сек* или 1 *мин*).

Удельный объем конденсатора $V_{уд}$ — геометрический объем конденсатора на единицу емкости. Обратная величина называется *удельной емкостью* $C_{уд}$. Обычно удельный объем данного типа конденсатора пропорционален рабочему напряжению. Наименьшими удельными объемами обладают электролитические конденсаторы (примерно в 10 раз меньше, чем у бумажных). В экспериментальных танталовых электролитических конденсаторах на $U_{раб} = 56$ *в*, разрабатываемых для схем с полупроводниковыми триодами, достигнута $C_{уд} = 300$ *мкф/см*^{3}.

Максимальное (пиковое) напряжение — напряжение, не вызывающее пробоя диэлектрика конденсатора.

Паразитные параметры конденсатора — активные потери и индуктивность. Соответствующей конструкцией конденсатора почти всегда можно добиться того, что в заданном диапазоне частот его паразитная индуктивность будет ничтожно мала. Поэтому из паразитных параметров обычно учитывают только активные потери. Потери в конденсаторе обусловлены не только проводимостью диэлектрика между обкладками, проявляющейся в утечке тока при постоянном напряжении на конденсаторе, но и нагреванием диэлектрика из-за переориентации его атомов под действием переменного электрического поля при переменном напряжении на конденсаторе.

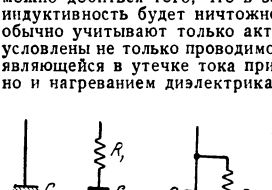


Рис. 8-17.

Отношение максимальной электрической энергии $W_э = \frac{1}{2} CU_м^2 = CU_{эфф}^2$, запасаемой в конденсаторе при синусоидальном напряжении, к потерям за период $W_{пот}$, характеризуется *добротностью* Q_c конденсатора

$$\frac{W_э}{W_{пот}} = \frac{1}{2\pi} Q_c.$$

На рис. 8-17 показаны эквивалентные схемы конденсаторов с учетом потерь (*а* — потери не учитываются; *б* — последовательная схема; *в* — параллельная схема — потери малы). Добротность Q_c равна

$$Q_c = 1/\omega R_1 C = \omega R_2 C = 1/\mathrm{tg}\ \delta,$$

где δ — *угол потерь*, поскольку сдвиг фаз тока через конденсатор меньше 90° на угол δ именно вследствие потерь в конденсаторе.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ)

$$\alpha_c = (1/C)\,(dC/dt)\ \textit{град}^{-1},$$

характеризует зависимость емкости от температуры.

Сопротивление изоляции конденсатора $R_{из}$ — величина сопротивления, оказываемого конденсатором прохождению постоянного тока. Измеряется в мегаомах (*Мом*) или гигаомах (1 *Гом* = 1000 *Мом*) и даже тераомах (1 *Том* = 1 000 000 *Мом*). Часто для оценки качества диэлек-

трика конденсатора пользуются произведением сопротивления изоляции на емкость, называемым *постоянной времени* τ_c конденсатора $\tau_c = R_{из}\,[ом] \cdot C\,[ф]$. У конденсаторов малой емкости ток утечки через толщу диэлектрика мал по сравнению с поверхностными токами утечки по закраинам конденсатора и по изоляции выводов, поэтому τ_c для таких конденсаторов не является характерной величиной.

Воздушные конденсаторы. Эти конденсаторы обладают хорошей стабильностью емкости и малой величиной угла потерь. После пробоя их электрическая прочность восстанавливается. Можно создать переменную емкость, перемещая одну систему обкладок относительно другой. В то же время у воздушных конденсаторов мала электрическая прочность ($U_{раб} < 1$ *кв/мм*), снижающаяся с понижением давления воздуха, и они имеют низкое значение диэлектрической проницаемости.

Воздушные конденсаторы находят применение главным образом в измерительной технике в настраиваемых контурах высокой частоты. При очень высоких частотах используются *вакуумные* конденсаторы на небольшую емкость при повышенных рабочих напряжениях.

Наибольшее распространение имеют воздушные конденсаторы *переменной емкости*, максимальная емкость которых не превышает 1500 *пкф*.

Основным типом воздушного конденсатора переменной емкости является плоский конденсатор с вращающейся подвижной системой пластин. Можно получить любую зависимость емкости от угла поворота ротора, выбирая соответствующую форму пластин ротора и статора. *Прямоемкостными* называют конденсаторы, у которых переменная емкость C_θ пропорциональна углу поворота θ:

$$C_\theta = \frac{C_{макс} - C_{мин}}{\theta_{макс}}\,\theta + C_{мин}.$$

Прямоволновыми или *квадратичными* называют конденсаторы, у которых

$$C = (a\theta + b)^2.$$

Прямочастотными, или обратно квадратичными, называют конденсаторы, у которых

$$C = \frac{1}{(a\theta + b)^2}.$$

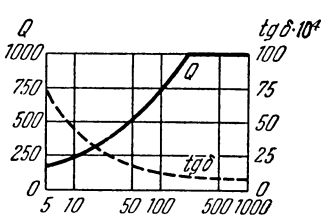


Рис. 8-18.

Здесь $\theta_{макс}$ — максимальный угол поворота, а коэффициенты a и b определяются начальными и конечными значениями емкости.

Слюдяные конденсаторы. Обладают хорошей стабильностью емкости, малой величиной угла потерь. Слюда имеет высокую диэлектрическую прочность и легко расщепляется на тонкие пластинки, поэтому возможно промышленное изготовление слюдяных конденсаторов малых размеров на относительно высокие напряжения. Слюдяные конденсаторы постоянной емкости широко используются в эталонных магазинах емкостей, в фильтрах высокочастотной телефонии, в мощной радиопередающей аппаратуре, в радиоприемной аппаратуре. Добротности Q и углы потерь $\operatorname{tg}\delta$ слюдяных конденсаторов различной емкости показаны на рис. 8-18.

Основные типы слюдяных постоянных конденсаторов, серийно изготовляемых промышленностью, приведены в табл. 8-22.

Таблица 8-22. **Конденсаторы слюдяные постоянной емкости**

Наименование	Назначение	Обозначение	$U_{раб}$, в	C, *пкф*	Примечание
Конденсаторы слюдяные, опрессованные в пластмассу	Постоянный и переменный ток, давление до 90 *мм* рт. ст., влажность до 98%, интервал температур $-60 \div +70°$ С.	КСО-1	250	51 ÷ 220	Выпускаются четырех классов точности: 0 — ± 2%; I — ± 5%; II — ± 10%; III — ± 20%. Тангенс угла потерь $\operatorname{tg}\delta < 4{,}5 \cdot 10^{-3}$; сопротивление изоляции между выводами $R_{из}$ при 20° С и относительной влажности до 80% не менее 750 *Мом*; ТКЕ = $= (0{,}5 \div 2{,}0) \cdot 10^{-4}$
		КСО-2	500	100 ÷ 1000	
		КСО-5	250	7500 ÷ 10000	
			500	470 ÷ 6800	
		КСО-6	1000	100 ÷ 2700	
			1000	2400 ÷ 3300	
		КСО-7	1500	1100 ÷ 2200	
			2500	47 ÷ 1000	
			250	10000 ÷ 30000	
			500	12000 ÷ 30000	
			1000	7500 ÷ 10000	
		КСО-8	1500	4700 ÷ 6800	
			2000	3600 ÷ 4300	
			2500	1000 ÷ 3300	
			250	30000 ÷ 50000	
			500	25000 ÷ 50000	
			1000	18000 ÷ 20000	
		КСО-10	1500	12000 ÷ 15000	
			2000	5100 ÷ 10000	
			2500	3600 ÷ 4700	
			3000	47 ÷ 1000	
			250	6800 ÷ 10000	
			500	7500 ÷ 10000	
		КСО-11	1000	3600 ÷ 6800	
			2000	620 ÷ 3300	
			3000	110 ÷ 560	
			250	10000 ÷ 20000	
			500	12000 ÷ 20000	
			1000	6800 ÷ 10000	
		КСО-12	2000	3300 ÷ 3900	
			3000	680 ÷ 1500	
			5000	10 ÷ 390	
			250	20000 ÷ 50000	
			5000	20000 ÷ 50000	
			1000	12000 ÷ 25000	
		КСО-13	2000	3300 ÷ 3900	
			5000	330 ÷ 1800	
			7000	10 ÷ 390	
Конденсаторы слюдяные герметизированные	То же, что и КСО	КСГ-1	500	470 ÷ 20000	Оформлены в металлических прямоугольных корпусах. Выпускаются четырех классов точности: 0, I, II, III; $\operatorname{tg}\delta < 10^{-3}$; ТКЕ $= (0{,}5 \div 2{,}0) \cdot 10^{-4}$.
			1000	470 ÷ 4700	
		КСГ-2	500	2000 ÷ 100000	
			1000	20000 ÷ 30000	

Продолжение

Наименование	Назначение	Обозначение	$U_{раб}$, в	C, *пкф*	Примечание
Конденсаторы слюдяные герметизированные, малогабаритные	Интервал температур —60÷80° С; остальное то же, что и КСГ	СГМ-1	250	100 ÷ 560	Оформлены в плоских керамических корпусах с размерами СГМ-1 — 13 × 5 × 9 *мм*, СГМ-2 — 13×5,5×9,5 *мм*; СГМ-3 — 18 × 7 × 13 *мм*. Выпускаются четырех классов точности; $tg\,\delta < 10^{-3}$; ТКЕ $= \pm (0{,}5 \div 2{,}0) \cdot 10^{-4}$; $R_{из}$ при $t = 20°$ С и относительной влажности до 80% не менее 10 000 *Мом*
		СГМ-2	500	100 ÷ 4300	
			1000	100 ÷ 3000	
			1500	100 ÷ 1500	
		СГМ-3	250	620 ÷ 1200	
		СГМ-4	250	6800 ÷ 10000	
			500	4700 ÷ 6200	
			1000	3200 ÷ 6800	
			1500	2000 ÷ 4300	

Керамические конденсаторы. При малых значениях емкости от долей пикофарады до сотен пикофарад керамические конденсаторы, рассчитанные на небольшие рабочие напряжения, порядка нескольких сотен вольт, широко применяются в радиоаппаратуре, успешно конкурируя со слюдяными. При большой емкости в тысячи и десятки тысяч пикофарад керамические конденсаторы уступают слюдяным по стабильности и $tg\,\delta$, но гораздо лучше бумажных соответствующей емкости. По температурному коэффициенту емкости (ТКЕ) делятся на четыре группы: отрицательный, большой и малый; положительный, большой и малый.

Условное обозначение группы	ТКЕ	Отличительный цвет окраски
Д	$-(700 \pm 100) \cdot 10^{-6}$	красный
М	$-(50 \pm 20) \cdot 10^{-6}$	голубой
Р	$+(30 \pm 20) \cdot 10^{-6}$	серый
С	$+(110 \pm 30) \cdot 10^{-6}$	синий

В таблицах 8-23 и 8-24 приведены основные типы керамических конденсаторов постоянной емкости.

Широкое применение находят высоковольтные керамические конденсаторы (КВК) при высоких частотах. Их характеристики приведены в таблице 8-25.

В радиоаппаратуре широко используются *полупеременные* (*подстроечные*) керамические конденсаторы. Статор конденсаторов этого типа изготовляется из установочной керамики с малой величиной ε, а вращающийся диск ротора из керамического материала с нужным значением ТКЕ. Обкладки наносятся на верхние поверхности статора и ротора вжиганием серебра; между обкладками находится керамика ротора. В массовом производстве изготовляются подстроечные конденсаторы с тикондовыми роторами и отрицательным ТКЕ порядка $-4 \cdot 10^{-4}$ *град*$^{-1}$. В табл. 8-26 приведены данные полупеременных конденсаторов КПК.

Таблица 8-23. Конденсаторы керамические типа КТК, КДК, КГК

Используются в высокочастотной аппаратуре как контурные и разделительные. Рабочие напряжения: постоянные до 500 *в*, переменные до 250 *в эффф*. $R_{из}$ в нормальных условиях не менее 10^4 *Мом*; tg δ не более 0,012; интервал рабочих температур $-60 \div +80°$ С; относительная влажность до 98%; атмосферное давление не менее 90 *мм* рт. ст.

Тип	Обозначение	Емкость по группам ТКЕ, *пкф*				Наибольшая реактивная мощность, *ва*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*
		Д	М	Р	С		диаметр	длина или толщина	
Трубчатые	КТК-1	2 ÷ 18	2 ÷ 39	2 ÷ 15	2 ÷ 15	25	6,5	11	1,0
	КТК-2	100 ÷ 360	30 ÷ 91	10 ÷ 39	10 ÷ 39	50	6,5	20	1,5
	КТК-3	240 ÷ 560	82 ÷ 150	36 ÷ 62	24 ÷ 51	75	6,5	30	2,0
	КТК-4	430 ÷ 750	130 ÷ 200	56 ÷ 82	43 ÷ 68	100	6,5	40	2,5
	КТК-5	680 ÷ 1000	180 ÷ 240	75 ÷ 120	62 ÷ 100	125	6,5	50	3,0
Дисковые	КДК-1	3 ÷ 30	1 ÷ 7	1 ÷ 5	1 ÷ 3	25	8,7	3,5	1,5
	КДК-2	30 ÷ 130	7 ÷ 20	5 ÷ 15	3 ÷ 10	75	17,5	4,0	2,0
	КДК-3	30 ÷ 75	3 ÷ 10	1 ÷ 7	1 ÷ 6	25	11,0	5,0	2,5
Герметизированные, в керамических цилиндрических корпусах	КГК-1	5 ÷ 180	5 ÷ 39	5 ÷ 15	5 ÷ 15	25	7,5	17,5	2,5
	КГК-2	100 ÷ 360	30 ÷ 91	10 ÷ 39	10 ÷ 30	50	7,5	21,5	3,0
	КГК-3	240 ÷ 560	82 ÷ 150	36 ÷ 62	24 ÷ 51	75	7,5	36,5	3,5
	КГК-4	430 ÷ 750	130 ÷ 200	56 ÷ 82	43 ÷ 68	100	7,5	46,5	4,0
	КГК-5	680 ÷ 1000	180 ÷ 240	75 ÷ 120	62 ÷ 100	125	7,5	56,5	4,0

Таблица 8-24. **Конденсаторы керамические типа КЭТ, КЭД, КЭДС, КЭДН, КЭДБ**

Рабочие напряжения: постоянное до 250 *в*, переменное до 150 *в эффф*. $R_{из}$ в нормальных условиях не менее 10^4 *Мом*; интервал температур $-60 \div +80°$ С; относительная влажность до 98%.

Тип	Обозначение	Емкость, *пкф*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*	Примечание
			диаметр	длина или толщина		
Эмалированные, трубчатые высокочастотные	КЭТ-1	180 ÷ 300	6,2	12,5	1,0	Используются как разделительные и сеточные в радиоаппаратуре; tg δ не более 0,0012. Покрыты красной эмалью с зеленой полоской или точкой (КЭД-1). У трубчатых (КЭТ) допустимо постоянное напряжение до 500 *в*
	КЭТ-2	330 ÷ 430	6,2	17,5	1,2	
	КЭТ-3	470 ÷ 620	6,2	21,5	1,5	
Эмалированные, дисковые высокочастотные	КЭД-1	30 ÷ 62	4,5	2,5	0,5	
	КЭД-2	68 ÷ 150	10,0	3,5	0,8	
	КЭД-3	160 ÷ 360	13,0	3,5	1,2	
Эмалированные, дисковые низкочастотные	КЭДС-1	1000	4,5	2,0	0,2	Используются в цепях фильтров и блокировок низкой частоты; tg δ не более 0,04. Покрыты красной эмалью с синей полоской
	КЭДС-2	3000	10	2,5	0,4	
	КЭДС-3	6800	13	2,6	0,8	
	КЭДН-1	68 ÷ 160	4,5	2,5	0,5	
	КЭДН-2	180 ÷ 470	10	3,5	0,8	
	КЭДН-3	510 ÷ 750	13	3,5	1,2	
	КЭДБ-1	180 ÷ 330	5,0	4,0	1,0	
	КЭДБ-2	510 ÷ 910	11	4,0	1,5	
	КЭДБ-3	1000 ÷ 1500	14	4,0	2,5	

Таблица 8-25. **Керамические высокочастотные конденсаторы с повышенным и высоким рабочим напряжением**

Основными типами конструкции высоковольтных керамических конденсаторов являются «трубка», «горшок», «диск» и «бочонок»; соответственно они обозначаются КВКТ, КВКГ, КВКД и КВКБ.

Тип конденсатора	Размеры, *мм*		Нормальная емкость, *пкф*	Напряжение высокой частоты, *кв*		Напряжение постоянного тока, *кв*	
	диаметр	высота или длина		рабочее	испытательное	рабочее	испытательное
КВКГ	35 ÷ 65	60 ÷ 110	220 ÷ 2200	2 ÷ 4	2,5 ÷ 5	5 ÷ 10	10 ÷ 18
	45 ÷ 55	105 ÷ 135	47 ÷ 150	4 ÷ 10	5 ÷ 12,5	15	30
	55 ÷ 215	110 ÷ 240	47 ÷ 1000	3 ÷ 6	4 ÷ 7,5	20 ÷ 25	40 ÷ 50
КВКД	55 ÷ 125	160 ÷ 320	47 ÷ 470	3 ÷ 6	4 ÷ 7,5	25	50
КВКГ	40	150	330 ÷ 1500	2,5 ÷ 5	3 ÷ 6	3 ÷ 6	6 ÷ 12
	40	170	47 ÷ 220	5 ÷ 10	6,5 ÷ 12,5	6 ÷ 12	12 ÷ 24
	18	30 ÷ 60	220 ÷ 680	0,8	1	2,5	5
	18	30 ÷ 60	33 ÷ 150	1	1,2	2,5	5
	8	20 ÷ 50	100 ÷ 680	0,3	0,4	1	2
	8	20 ÷ 50	27 ÷ 120	0,6	0,7	1	2
	8	20 ÷ 50	39 ÷ 390	0,5	0,6	1	2
КВКБ	19	15	15 ÷ 68	3,5 ÷ 5	4 ÷ 6	4 ÷ 5	8 ÷ 10
	35	18 ÷ 23	22 ÷ 56	6 ÷ 10	8 ÷ 12	8 ÷ 10	16 ÷ 20
	19 ÷ 35	18	2,5 ÷ 10	3,5 ÷ 10	4 ÷ 12	5 ÷ 10	10 ÷ 20

Таблица 8-26. Конденсаторы керамические полупеременные [1])

Тип	$C_{мин}$, *пкф*	$C_{макс}$, *пкф*	Примечание
КПК-1 КПК-2 КПК-3	$2 \div 8$ $6 \div 35$ $6 \div 35$	$7 \div 30$ $60 \div 450$ $60 \div 450$	Гарантированное значение ТКЕ $=(-450 \pm 250) \cdot 10^{-6}$ *град*$^{-1}$ в интервале $20 \div 80°$ С; $\operatorname{tg}\delta < 2 \cdot 10^{-3}$ при 20° С и $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ при 80° С; $U_{раб}$ — высокой частоты не более 250 *в*.

Примечание к табл. 8-26. [1]) Использовать конденсаторы КПК в качестве переменных нецелесообразно, так как при большом числе вращений нарушается их нормальная работа из-за трения ротора о серебряный слой статора.

В настоящее время освоено изготовление конденсаторов с керамическими сегнетоэлектриками, обладающими высоким значением ε (порядка нескольких сотен и тысяч). В качестве диэлектрика используется *тибар* (керамика на основе метатитаната бария с $\varepsilon \approx 10^3$), материалы: *Т*-150 с $\varepsilon \approx 150$, *Т*-400 с $\varepsilon \approx 750 \div 300$, *Т*-750 с $\varepsilon \approx 2000 \div 7500$ и другие. Конденсаторы с сегнетодиэлектриком обладают большой удельной емкостью, однако стабильность их весьма низкая, так как ε сильно зависит от температуры и рабочего напряжения. Наиболее важное применение сегнетоэлектрические конденсаторы могут найти именно в качестве нелинейных конденсаторов. Ниже приводятся основные сведения о линейных, миниатюрных и нелинейных сегнетокерамических конденсаторах.

Линейные сегнетокерамические конденсаторы*). Емкость этих конденсаторов не зависит от напряжения. Изготовляются из сегнетокерамики СК1, СК2 и СК3 в виде *бочоночных, дисковых* и *трубчатых*. Используются в области частот до 5 *Мгц*.

Бочоночные сегнетокерамические конденсаторы предназначены для высокочастотных цепей при наличии высокого постоянного напряжения. Удельная емкость бочоночного конденсатора с емкостью 500 *пкф* и рабочим напряжением $U_{раб} = 12$ *кв* равна 80 *пф/см*^{3}; слюдяной конденсатор с такими же величинами C и $U_{раб}$ имеет удельную емкость в 80 раз меньшую.

Дисковые сегнетокерамические конденсаторы изготовляются в основном из керамики СК2, используются в цепях блокировок низкой частоты и в цепях фильтров. При толщине 3,5 *мм* имеют следующие номинальные данные (при частоте $\nu = 10^3$ *гц* в слабом поле):

диаметр, *мм*	4	9	12
емкость, *пкф*	1000	3000	6800
удельная емкость, *пкф/см*^{3}	28 000	13 000	17 000

Трубчатые сегнетокерамические конденсаторы конструктивно оформлены как обычные керамические, но имеют значительно большую емкость. Иногда для повышения прочности и влагостойкости их опрессовывают в пластмассу. Удельная емкость у них значительно меньше, чем у дисковых.

---

*) Д. Н. Казарновский, Сегнетокерамические конденсаторы, М.—Л., 1956.

Сегнетокерамические конденсаторы повышенной емкости изготовляются в виде блочных конструкций соединением в параллель нескольких одноэлементных конденсаторов. Выпускаются блочные конденсаторы двух типов: трубчатые (КТК) и плоские (КДК). Удельная емкость у таких конденсаторов растет с повышением номинальной емкости и достигает при $C = 5$ *мкф* величины 0,33 *мкф/см*^{3}, т. е. большей, чем у металлобумажных конденсаторов той же емкости.

Миниатюрные сегнетокерамические конденсаторы. Обладают высокой удельной емкостью за счет снижения рабочего постоянного напряжения до 60 *в*, а также более совершенной конструкции и технологии производства. Предназначены для малогабаритной аппаратуры с полупроводниковыми приборами.

Миниатюрные сегнетокерамические конденсаторы имеют форму диска (КДМ), трубки (КТМ) или плоского блочного конденсатора из пластинок овальной формы (КПМ).

Таблица 8-27. Номинальные данные миниатюрных сегнетокерамических конденсаторов [1])

Тип	Размеры, *мм*	C, *пкф*	$C_{уд}$, *пкф/см*^{3}
КДМ	Диаметр диска 4	500 ÷ 1500	$2 \cdot 10^3$
КТМ	Диаметр трубки 3,5, длина ≤ 10	500 ÷ 3000	$4 \cdot 10^4$
КПМ	Пластинки 4 × 10, толщина блока 3 ÷ 5	12000 ÷ 30000	$15 \cdot 10^3$

Примечание к табл. 8-27. [1]) При напряжении 10 ÷ 15 *в*, частоте 1000 *гц* и температуре 20° С.

Сопротивление изоляции при нормальных условиях не менее $5 \cdot 10^8$ *ом*; $\operatorname{tg}\delta \leq 0{,}04$ на частоте 1000 *гц*. Интервал рабочих температур $-40 \div +70°$ С. Однако при крайних значениях температуры емкость значительно снижается (до 70% от номинальной емкости).

Нелинейные сегнетокерамические конденсаторы (вариконды). Имеют резко выраженную зависимость емкости от напряженности переменного и постоянного полей. Изготовляются пока только опытными сериями. Предназначены для исследовательских и новых разработок, где они могут быть применены в качестве реактивных нелинейных элементов (в схемах усиления, стабилизации напряжения, умножения частоты, частотной модуляции, в импульсной технике и пр.).

Вариконды типа ВК1 изготовляются в виде отдельных дисков и в виде блоков параллельно соединенных дисков.

Тангенс угла потерь $\operatorname{tg}\delta$ у ВК1 $\leq 0{,}2$; $R_{из}$ при напряжении до 250 *в* превышает 10^9 *ом*; интервал рабочих температур $-40 \div +60°$ С; точка Кюри $70 \pm 5°$ С. При напряжении свыше 100 *в* емкость уменьшается. Толщина варикондов ВК1-1, ВК1-2, ВК1-3 — 2,5 *мм*. Некоторые параметры дисковых варикондов приведены в табл. 8-28.

Блочные вариконды ВК1-Б имеют диаметр дисков 25 *мм* и общую толщину 7 *мм*. Рабочее напряжение постоянное до 300 *в*, переменное до 160 *в*. Емкость при $t = 20°$ С, напряжении $U_{\sim} = 5$ *в* и частоте 50 *гц* составляет 0,15 ÷ 0,20 *мкф*. Интервал рабочих температур $-40 \div +50°$С. Нелинейность такая же, как и у ВК1-2, ВК1-3. Тангенс угла потерь $\operatorname{tg}\delta$ на частоте 50 *гц* при $t = 20°$ С не более 0,25; при $t = 50°$ С увеличивается до 0,4, сопротивление изоляций $R_{из}$ при постоянном напряжении до 250 *в* не менее 10^9 *ом*.

Таблица 8-28. **Параметры дисковых варикондов**

Обозначение конденсатора	ВК1-0	ВК1-1	ВК1-2	ВК1-3
Диаметр диска, *мм*	2	4	9	16
Емкость (при $U_{\sim}$=5 *в*)*пкф*	100	510 ÷ 1500	2700 ÷ 5100	6800 ÷ 12000
Нелинейность $C_{макс}$ ($U_{\sim}$ = = 30 *в*)/C ($U_{\sim}$ = 5*в*) . .	2,0	2,5	2,5	2,5
Нелинейность $C_{макс}$ ($U_{\sim}$ = = 70 *в*)/C($U_{\sim}$ = 5 *в*) . .	3 ÷ 5	4 ÷ 6	—	—
Нелинейность $C_{макс}$ ($U_{\sim}$ = = 100 *в*)/C ($U_{\sim}$ = 5 *в*)	—	—	4 ÷ 6	4 ÷ 6

Бумажные конденсаторы. Используются главным образом в цепях постоянного и выпрямленного тока, в цепях переменного тока технической частоты и в области звуковых частот. При радиочастотах $\operatorname{tg}\delta$ бумаги резко возрастает, что и ограничивает возможности их использования.

Конденсаторная бумага пропитывается различными массами для повышения ее диэлектрических качеств. Обкладками служит алюминиевая фольга толщиной 7 ÷ 8 микрон. В металлобумажном конденсаторе обкладкой является слой металла толщиной 0,1 микрона, нанесенный на бумагу методом испарения металла в вакууме. Металлобумажные конденсаторы имеют меньший удельный объем и могут восстанавливаться после пробоя, так как при пробое металл испаряется в непосредственной близости от проводящей частицы обкладки, и она оказывается изолированной.

В табл. 8-29 приведены данные бумажных конденсаторов, находящих применение в радиотехнике.

Электролитические конденсаторы. Резко отличаются от всех других конденсаторов. Диэлектриком в них служит оксидная пленка, сформованная на алюминиевой пластине, являющейся одной обкладкой конденсатора. Другой обкладкой служит электролит, соприкасающийся с оксидной пленкой. Оксидный слой имеет малую толщину, которую можно уменьшать до любых значений в соответствии с нужным рабочим напряжением; увеличить же толщину оксидного слоя так, чтобы рабочие напряжения превысили 500 ÷ 600 *в*, пока не удается.

Оксидная пленка обладает односторонней (униполярной) проводимостью, поэтому электролитические конденсаторы непригодны для использования в цепях переменного тока, когда напряжение знакопеременно; положительный потенциал должен подаваться на электрод, являющийся носителем оксидной пленки. Электролитический конденсатор обладает большим $\operatorname{tg}\delta$ (более 0,03 при 50 *гц*), который резко возрастает с понижением температуры. Однако большая удельная емкость и дешевизна обеспечивают широкое применение электролитических конденсаторов в фильтрах выпрямителей и в цепях развязки постоянных напряжений от низкочастотных пульсаций.

Различают два основных типа электролитических конденсаторов: *жидкостные*, или *мокрые*, в которых алюминиевый оксидированный анод погружен в жидкий или полужидкий электролит; *сухие*, в которых анод и катод разделены волокнистой прокладкой, пропитанной полужидким или пастообразным электролитом. Благодаря целому ряду преимуществ сухие конденсаторы вытеснили полностью жидкостные, и последние в настоящее время серийно не производятся.

В табл. 8-30 приведены основные типы электролитических конденсаторов.

Таблица 8-29. **Бумажные конденсаторы постоянной емкости**

Название	Область применения	Обозначение	$U_{раб}$, *в*	Диапазон емкостей, *мкф*
Конденсаторы бумажные	Постоянное напряжение, нормальное атмосферное давление, влажность до 80%, интервал температур —40 ÷ +60 °С	КБ	200 400 600	0,01 ÷ 0,5 0,0047 ÷ 0,3 0,0047 ÷ 0,2
Конденсаторы бумажные герметические	Постоянное и пульсирующее напряжение. Работают и при пониженном атмосферном давлении до 90 *мм* рт. ст., при относительной влажности до 98%, в интервале температур —60 ÷ +70 °С	КБГ-И	200 400 600	680 *пкф* ÷ 0,1 470 *пкф* ÷ 0,05 470 *пкф* ÷ 0,03
		КБГ-М	200 400 600	0,04 ÷ 0,25 0,07 ÷ 0,25 0,01 ÷ 0,15
		КБГ-МП	200 400 600 1 000 1 500	0,5 ÷ 2,0 0,25; 2 × 0,25; 3 × 0,1 0,25 ÷ 1,0 0,01 ÷ 0,5 0,01 ÷ 0,25
		КБГ-МН	200 400 600 1 000 1 500	1,0 ÷ 10 1,0 ÷ 8,0 0,5 ÷ 6,0 0,25 ÷ 4,0 0,25 ÷ 2,0
Конденсаторы бумажные герметизированные высоковольтные	Постоянное и пульсирующее напряжение. Работают при относительной влажности до 98%, в интервале температур —60 ÷ +70° С; конденсаторы с рабочим напряжением до 4 *кв* при пониженном давлении до 90 *мм* рт. ст.	КБГ-Ц	2 000 3 000 4 000 6 000 8 000 10 000 15 000	0,25 ÷ 2,0 0,05 ÷ 1,0 0,1 ÷ 0,5 0,05 ÷ 0,25 0,01 ÷ 0,05 0,01 ÷ 0,05 0,01 ÷ 0,025
		КБГ-П	2 000 3 000 4 000 6 000 8 000 10 000 15 000 20 000 30 000	0,01 ÷ 10,0 0,1 ÷ 6,0 0,05 ÷ 6,0 0,01 ÷ 4,0 0,1 ÷ 2,0 0,01 ÷ 2,0 0,01 ÷ 2,0 0,1 ÷ 0,5 0,1 ÷ 0,5

Таблица 8-29. **Бумажные конденсаторы постоянной емкости** *Продолжение*

$R_{из}$, *Мом*	Примечание
2 000 ÷ 500	В цилиндрическом бумажном корпусе. В зависимости от C и $U_{раб}$ диаметр d и длина l корпуса имеют размеры: $d = 14 \div 32$ *мм*; $l = 37 \div 57$ *мм*. $\operatorname{tg}\delta < 0{,}015$
При $t = 20$ ° С и при C до 0,2 *мкф* — 10 000, свыше 0,2 *мкф* — 2000 на 1 *мкф*. При $t = +70$ ° С уменьшается не более, чем в 20 раз	КБГ-И — в цилиндрическом керамическом корпусе с размерами: $d = 7 \div 16$ *мм*, $l = 15 \div 25$ *мм*. КБГ-М — в цилиндрическом металлическом корпусе с размерами $d = 10 \div 17$ *мм*, $l = 38 \div 50$ *мм*. КБГ-МП — в плоском металлическом корпусе, с одной, двумя и тремя секциями; размеры корпуса от 46 × 26 × 18 до 51 × 51 × 25 *мм*. КБГ-МН — в нормальном металлическом корпусе, с одной и с двумя секциями; размеры корпусов от 36 × 20 × 60 до 70 × 60 × 110 *мм*. Максимальная величина переменной составляющей напряжения допускается на частоте 50 *гц* до 20%, а на частоте 10 *кгц* до 2% от рабочего напряжения постоянного тока. $\operatorname{tg}\delta < 0{,}01$
При $t = +20$° С и при C до 0,1 *мкф* — 10 000, свыше 0,25 *мкф* — —2000 на 1 *мкф*. При $t = +70$° С уменьшается не более, чем в 20 раз	КБГ-Ц — в металлическом цилиндрическом корпусе с размерами: $d = 50 \div 75$ *мм*, $h = 80 \div 145$ *мм* (без учета изоляции выводов) КБГ-П — в металлическом прямоугольном корпусе с размерами от 45 × 25 × 46 *мм* до 350 × × 180 × 375 *мм* (без учета изоляции выводов). Оба типа конденсатора выпускаются в двух вариантах: с одним изолированным выводом (другой соединен с корпусом) и с двумя изолированными выводами. $\operatorname{tg}\delta < 0{,}01$

Продолжение

Название	Область применения	Обозначение	$U_{раб.}$ в	Диапазон емкостей, *мкф*
Конденсаторы бумажные герметизированные	Телефонная аппаратура	БП	200 260 300 500 750	0,1 ÷ 2,0 0,1 ÷ 1,5 2 1,0 ÷ 2,0 1,0
Конденсаторы бумажные фильтровые	Электрические фильтры питания радиоустройств	КФ	1500 ÷ 12000	2 × 10 ÷ 0,8
Конденсаторы металлобумажные герметизированные	Постоянный ток, атмосферное давление до 90 *мм* рт. ст., влажность до 98%, интервал температур от — 60 до + 60° С	КМБГ	160 250 400 600	0,5 ÷ 30,0 0,25 ÷ 10,0 0,25 ÷ 10,0 0,1 ÷ 10,0
Конденсаторы бумажные герметизированные проходные с малой индуктивностью	В цепях постоянного и переменного напряжения 50 *гц* для подавления радиопомех до частот 60 *Мгц*	КБП	110 ÷ 1500 (пост.); 50 ÷ 500 (перем.)	0,05 ÷ 2,0 0,025 ÷ 0,25
Конденсаторы бумажные малогабаритные герметизированные	Постоянное напряжение, влажность до 98%, интервал температур — 50 ÷ + 60° С.	МКВ	160 ÷ 600	0,1 ÷ 8,0
Конденсаторы бумажные малогабаритные высоковольтные герметизированные	Постоянное напряжение, интервал температур — 30 ÷ + 50° С	КБМ	1000—5000	0,05 ÷ 10,0

Продолжение

$R_{из}$, *Мом*	Примечание
1000 ÷ 100	I группа — с парафиновой пропиткой; рабочие температуры — 50 ÷ + 45° С. II группа — с церезиновой или галоваксной пропиткой, рабочие температуры — 50 ÷ + 60° С. Корпус прямоугольный, металлический, размеры от 40 × 10 × 60 до 120 × 20 × 120 *мм*
500	Корпус прямоугольный металлический; размеры от 130 × 50 × 170 до 350 × 180 × 375 *мм*. Допустимая влажность до 70%, интервал рабочих температур — 30 ÷ + 40° С
200 ÷ 50 (при $U_{раб}$ до 250 *в*); 1000 ÷ 500 на 1 *мкф* (при $U_{раб}$ свыше 250 *в*)	Корпус прямоугольный металлический; размеры от 31 × 11 × 25 до 70 × 50 × 115 *мм*. По $R_{из}$ делятся на две группы: А — повышенное, Б — пониженное. Амплитуда переменной составляющей должна быть при 50 *гц* не более 20%, при 1000 *гц* не более 5% от номинального рабочего напряжения. tg δ < 0,015
10 000 ÷ 1000 10 000 ÷ 8000	Цилиндрический металлический корпус; размеры: $d = 10 \div 40$ *мм*, $l = 25 \div 62$ *мм*. Атмосферное давление до 90 *мм* рт. ст., влажность до 98%, температуры — 60 ÷ + 70° С. tg δ < 0,01
500 ÷ 60	Корпус прямоугольный металлический. tg δ < 0,02. Используются только в ранее выпущенной аппаратуре, в новых разработках применять запрещено
10 000 ÷ 10	Корпус прямоугольный, металлический. В новых разработках применять запрещено

Таблица 8-30. Сухие электролитические конденсаторы

Название	Обозначение	$U_{раб}$, *в*	*C*, *мкф*	$C_{уд}$, *мкф/см*^{3}	Примечание
Конденсатор электролитический морозостойкий	КЭ-М	8	50, 100, 200, 500, 1000, 2000	10,0	В цилиндрическом металлическом корпусе. Различаются креплением и выводами: КЭ-М-1а без приспособления для крепления, КЭ-М-1б с планкой на дне для крепления, КЭ-М-2 с резьбовой пробкой для крепления, КЭ-М-3 с выводами в виде проводников. Интервал рабочих температур $-40 \div +60°$ С. $\operatorname{tg}\delta < 0{,}15$ при 20° С; допустимая относительная влажность 80%
		12	30, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000	10,0	
		20	20, 30, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000	8,3	
		30	20, 30, 50, 100, 200, 500	5,0	
		50	10, 20, 30, 50, 100	4,1	
		150	8, 10, 20, 30	1,7	
		300	4, 5, 8, 10, 20, 30	0,94	
		400	4, 5, 8, 10, 20	0,62	
		450	4, 5, 8, 10, 20	0,37	
		500	5, 10, 20	0,24	
Конденсатор электролитический особо морозостойкий	КЭ-ОМ	20	10, 20, 30, 50, 100, 200, 500, 1000	4,8	Интервал рабочих температур $-60 \div +60°$ С. Допустимы несколько большие пульсации напряжения, чем для КЭ-М; габариты соответственно большие, чем у КЭ-М. Остальные характеристики как у КЭ-М
		30	10, 20, 30, 50, 100, 200, 500	2,5	
		50	8, 10, 20, 30, 50, 100	1,4	
		150	4, 8, 10, 20, 30	0,62	
		300	2, 4, 5, 8, 10, 20, 30	0,40	
		400	2, 4, 5, 10, 20	0,19	
		450	2, 5, 10, 20	0,19	

Продолжение

Название	Обозначение	$U_{раб}$, *в*	*С*, *мкф*	$C_{уд}$, *мкф/см*^{3}	Примечание
Конденсатор электролитический герметизированный морозостойкий	КЭГ-М	8	50, 100, 200, 500	7,7	В прямоугольном металлическом корпусе. Допустима повышенная влажность до 98% при сохранении целости предохранительного клапана. Остальные характеристики как у КЭ
		12	30, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000	16,5	
		20	50, 100, 200, 1000, 2000, 5000	11,0	
		30	30, 50, 100, 200, 500, 1000	7,7	
		50	20, 30, 50, 100, 200	2,1	
		150	10, 15, 20, 30, 50	1,6	
		300	10, 15, 20, 30, 50	0,53	
		400	10, 15, 20	0,27	
		450	2, 10, 15, 20	0,25	
		500	2, 5, 10, 20	0,21	
Конденсатор электролитический герметизированный особо морозостойкий	КЭГ-ОМ	20	20, 30, 50, 100, 200, 500, 1000	4,3	Интервал рабочих температур — 60 ÷ ÷ + 60° С. Допустимы несколько большие пульсации, чем для КЭГ-М; габариты соответственно большие, чем у КЭГ-М. Остальные характеристики как у КЭГ-М
		30	15, 20, 30, 50, 100, 200, 500, 1000	4,3	
		50	5, 15, 10, 20, 30, 50, 100, 200	1,6	
		150	5, 10, 15, 20, 30, 50	0,63	
		300	2, 5, 10, 15, 20, 50	0,30	
		400	2, 5, 10	0,15	
		450	2, 5, 10, 20	0,15	
		500	2, 5, 10, 20	0,10	

Продолжение

Название	Обозначение	$U_{раб}$, *в*	*C*, *мкф*	$C_{уд}$, *мкф/см*^{3}	Примечание
Конденсатор электролитический малогабаритный	ЭМ	4 6 10 15 20 30 60 100	20, 25, 50 5, 10, 15, 20, 40 3, 5, 10, 15, 30 2, 10, 25 1, 2, 3, 5, 15 1, 2, 5, 10 0,5; 1; 2; 3; 5; 10 0,5; 1; 2; 3; 5	— — — — — — — —	В цилиндрическом корпусе с выводами на концах. Диаметр 4,5 ÷ 8,5 *мм*, длина 15 ÷ 35 *мм*. Интервал рабочих температур группы Н (неморозостойкие) — 10 ÷ + 70° С; группы М (морозостойкие) — 40 ÷ + 70° С; группы ОМ (особо морозостойкие) — 60 ÷ + 70° С
Конденсатор электролитический фотоосветительный (для питания фотолампы вспышки)	ЭФ	300	800, 1300	—	Оформлен в цилиндрическом корпусе. Длина 127 *мм* (с выводом), диаметры 50 и 65 *мм*. Интервал рабочих температур — 10 ÷ + 40° С

§ 8-6. Катушки индуктивности *)

В отличие от элементов сопротивления и конденсаторов, которые серийно производятся промышленностью в большом количестве, катушки индуктивности изготовляются сравнительно небольшими партиями, предназначенными для определенных целей. На свойства катушек в сильной степени влияют их конструкция, форма, размеры, тип намотки, характеристики каркаса или сердечника и пр., поэтому катушки не обладают в должной степени универсализмом, способствующим серийному промышленному производству.

В радиотехнике используются катушки с индуктивностью от долей микрогенри до многих десятков генри.

Основными параметрами катушек могут быть разные величины в зависимости от типа катушки и области ее применения. Кроме одиночных катушек, обладающих заданной *самоиндукцией*, часто используются связанные общим магнитным потоком *трансформаторы* (высокочастотные, низкочастотные и импульсные), в которых важное значение имеют *взаимоиндукция* и другие характеристики.

Классификация катушек может быть осуществлена по разным признакам.

Все катушки делятся на две большие группы: *катушки без магнитных сердечников и катушки с магнитными сердечниками*. В свою очередь в этих двух группах имеется большое разнообразие типов в зависимости от вида намотки, материала и формы сердечника и пр.

Катушки без магнитных сердечников. В большинстве случаев изготовляются в виде однослойной или многослойной намотки на цилиндрическом каркасе. Реже применяются другие типы катушек: тороиды, плоские спирали, квадратные, шестиугольные и др.

Применяются в резонансных контурах и в развязывающих цепях в качестве высокочастотных дросселей, а также служат эталонными индуктивностями и взаимоиндуктивностями на низких частотах.

Самоиндукция катушек без магнитного сердечника пропорциональна диаметру намотки d и квадрату числа витков n:

$$L = L_0 d n^2.$$

Величина L_0 называется коэффициентом формы и в общем случае сложно зависит от размеров и формы катушки.

Для довольно разнообразных однослойных и многослойных круглых катушек при нахождении коэффициента формы можно пользоваться графиками рис. 8-19а и 8-19б (см. В. А. Котельников и А. М. Николаев, Основы радиотехники, ч. 1, М., 1950). На графиках даны значения L_0 в зависимости от двух безразмерных величин $\rho = c/d$ (отношение толщины намотки к среднему диаметру катушки) и $\alpha = l/d$ (отношение длины катушки к ее среднему диаметру). Если L выражать в *мкгн*, а d в *см*, то самоиндукция будет равна

$$L = 10^{-3} L_0 d n^2 \ [мкгн].$$

На рис. 8-20 показаны обозначения размеров разных катушек. Для однослойной катушки можно положить $\rho = 0$, для спиральной — $\alpha = 0$.

Самоиндукция *однослойной цилиндрической катушки*, имеющей n витков и диаметр обмотки d *см*, может быть определена по упрощенной формуле Нагаока

$$L = F d n^2 \ [мкгн],$$

---

*) Подробнее см. Г. Г. Гинкин, Катушки, М., 1938; В. Б. Пестряков и Д. Д. Сачков, Конструирование узлов и деталей радиоаппаратуры, М.—Л., 1947.

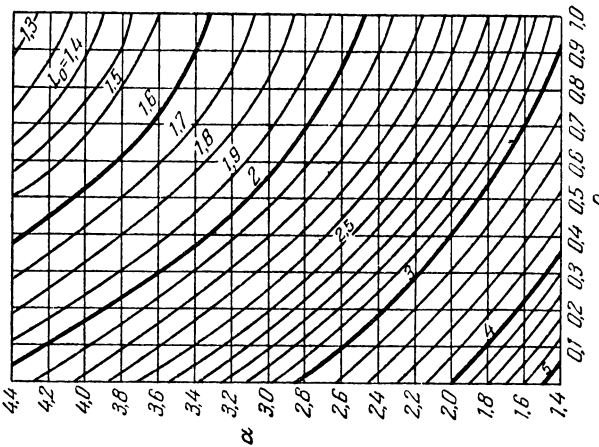


Рис. 8-19б.

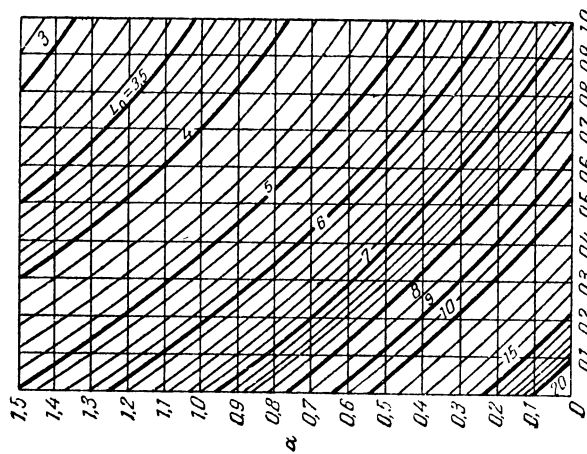


Рис. 8-19а.

где F — величина, зависящая от отношения диаметра катушки d к ее длине l. Эта зависимость приведена на рис. 8-21.

Для не слишком коротких катушек самоиндукция может быть вычислена по приближенной формуле

$$L \approx \frac{0{,}2d^2n^2}{9d + 20l};$$

если $l > 0{,}4\ d$, то погрешность не превышает 1%. Для коротких катушек ($l < 0{,}4\ d$) более точные результаты дает приближенная формула с измененными коэффициентами

$$L \approx \frac{0{,}1d^2n^2}{4d + 11l}.$$

Самоиндукция очень длинной катушки ($l \gg d$) независимо от формы поперечного сечения S определяется формулой

$$L \approx 0{,}0126\,\frac{Sn^2}{l}.$$

Для однородной очень длинной катушки, обозначая число витков на единицу ее длины $n_0 = n/l$, получим

$$L \approx 0{,}0126Sn_0n = 0{,}0126Sn_0^2l,$$

т. е. самоиндукция однородной очень длинной катушки пропорциональна ее длине или числу витков, а не квадрату числа витков. Самоиндукция пропорциональна квадрату числа витков только при неизменной форме и неизменных размерах катушки.

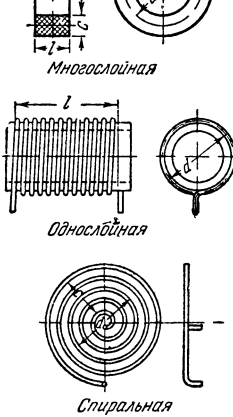


Рис. 8-20.

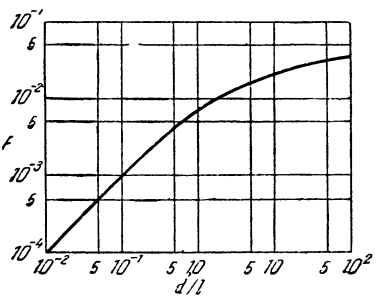


Рис. 8-21.

Тороидальная катушка круглого сечения с n витками диаметра d *см* имеет самоиндукцию

$$L = 0{,}0063n^2\ (D - \sqrt{D^2 - d^2})\ [\text{мкгн}],$$

где D — средний диаметр тороида в сантиметрах (рис. 8-22). Если диаметр витка много меньше диаметра тороида, т. е. $d \ll D$, то приближенно

$$L \approx 0{,}003 \cdot \frac{d^2n^2}{D}.$$

Тороидальная катушка прямоугольного сечения с n витками имеет самоиндукцию

$$L = 0{,}0046\ n^2 b \lg \frac{D_2}{D_1}\ [мкгн],$$

где b — толщина прямоугольного тороида, D_1 и D_2 — его внутренний и внешний диаметры в сантиметрах.

Самоиндукция *одиночного прямого немагнитного провода* небольшой длины и круглого сечения может быть вычислена по формуле

$$L = 0{,}002\ l \left(2{,}30 \lg \frac{4l}{d} - 0{,}75\right)\ [мкгн],$$

где l — длина, а d — диаметр (в сантиметрах); при очень высоких частотах она несколько меньше:

$$L = 0{,}002\ l \left(2{,}30 \lg \frac{4l}{d} - 1{,}00\right).$$

Длинный одиночный провод, расположенный горизонтально над землей в случае, когда высота подвеса $h \gg l$ (l — длина провода), имеет самоиндукцию, определяемую по формуле

$$L = 0{,}002\ l \left(2{,}30 \lg \frac{4h}{d} - 1{,}00\right)\ [мкгн];$$

если же $h \ll l$, то самоиндукция равна

$$L = 0{,}002\ l \cdot 2{,}30 \lg \frac{4h}{d}\ [мкгн];$$

все размеры выражены в сантиметрах.

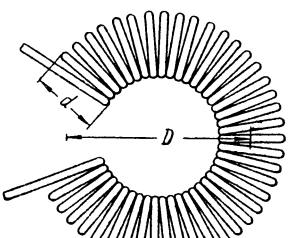


Рис. 8-22.

Круглая одновитковая петля из немагнитного провода круглого сечения имеет самоиндукцию

$$L = 0{,}00628\ D \left(2{,}30 \lg \frac{8D}{d} - 2\right)\ [мкгн],$$

где D — диаметр витка по оси провода в *см*, d — диаметр провода в *см*.

Квадратная одновитковая петля из круглого немагнитного провода имеет самоиндукцию

$$L = 0{,}008\ a \left(2{,}30 \lg \frac{2a}{d} - 0{,}77\right)\ [мкгн],$$

где a — сторона квадрата в *см*, d — диаметр провода в *см*.

Самоиндукция многослойной цилиндрической катушки приближенно может быть оценена по формуле

$$L = 2{,}5 \frac{p^2}{c}\ [мкгн],$$

где p — полная длина всего намотанного на катушку провода в *м*, c — радиальная толщина намотки в *см*. Порядок величины самоиндукции многослойной катушки можно определить по формуле

$$L = 10^{-2} d_{мин} n^2\ [мкгн],$$

где $d_{мин}$ — начальный (внутренний) диаметр в *см*, n — общее число витков.

Потери в катушках можно характеризовать эквивалентным сопротивлением R, или *добротностью* катушки,

$$Q = \frac{\omega L}{R}.$$

Добротность катушки меняется с частотой в небольших пределах, так как потери растут с ростом частоты, а индуктивность несколько уменьшается. Это обусловлено поверхностным эффектом в проводе катушки, эффектом близости витков, вызывающим дополнительное перераспределение токов, потерями в диэлектрике и металле катушки, а также в соседних предметах, находящихся в поле, создаваемом катушкой. Поэтому Q, несколько изменяясь с частотой, проходит через тупой максимум, вблизи которого обычно и выбирается рабочая частота катушки.

На низких частотах существует оптимальное соотношение между длиной и диаметром катушки: катушка с заданной индуктивностью обладает наибольшей добротностью при длине примерно в $2{,}0 \div 2{,}5$ раза меньшей ее диаметра. Однако при высоких частотах указанное соотношение уже не будет оптимальным.

Существует также некоторый оптимальный, наивыгоднейший диаметр провода для намотки, но расчет его весьма сложен. Из опыта следует, что однослойные катушки с индуктивностью от 200 до 500 *мкгн* целесообразно мотать проводом с диаметром от 0,6 до 0,3 *мм*. Многослойные катушки с индуктивностью в несколько миллигенри имеют лучшую добротность при более тонких проводах диаметром $0{,}3 \div 0{,}2$ *мм*. Литцендрат при низких радиочастотах дает большую добротность, чем сплошной проводник, хотя при более высоких частотах (свыше 2 *Мгц*) литцендрат теряет свои преимущества.

Следует иметь в виду, что даже самый тщательный подбор оптимальных размеров катушки и диаметра намотки провода дает небольшое увеличение добротности по сравнению с выгодами, обеспечиваемыми хорошим качеством материала и конструкции каркаса.

Экранирование катушки позволяет устранить нежелательное влияние внешних полей или поля катушки на другие цепи, но при этом уменьшается добротность катушки и изменяется ее индуктивность. Существуют наивыгоднейшие соотношения между размерами катушки и экрана (при заданных размерах экрана). Анализ и эксперименты показывают, что целесообразно иметь диаметр экрана в $2{,}1 \div 1{,}5$ раза большим диаметра экранируемой катушки.

Паразитная емкость катушки называется *распределенной* или *собственной емкостью*. Ее величина зависит от диаметра и длины катушки, от отношения шага витка к диаметру провода, от материала каркаса и изоляции провода.

Распределенная емкость растет примерно пропорционально диаметру катушки и несколько убывает с увеличением ее длины. При большом числе витков емкость почти не зависит от их количества, но возрастает при более плотном расположении витков.

Наличие собственной емкости вызывает резонансные явления, которые могут сильно изменить реактивное и активное сопротивление катушки. Расчет собственной емкости катушки сложен и ее значение чаще определяется опытным путем, тем более, что замена распределенной емкости некоторой ей эквивалентной, подключенной к концам идеализированной индуктивности, весьма условна. Для уменьшения собственной емкости намотка катушки должна выполняться так, чтобы между близлежащими витками была минимальная разность потенциалов. Этому условию удовлетворяют намотки типа «сотовая», «корзиночная» и «универсаль». Однако при сотовой намотке сильно возрастают размеры катушки и поэтому такая намотка применяется редко. Секционирование намотки, т. е, разбиение всей катушки на несколько раздвинутых, последовательно соединенных катушек, также уменьшает собственную

емкость; такой способ намотки применяется при изготовлении *высокочастотных* дросселей, которые должны обладать большой индуктивностью и малой распределенной емкостью.

Взаимоиндукция. Если витки отдельных катушек пересекаются силовыми линиями общего магнитного потока, то говорят, что между такими катушками существует *взаимоиндуктивность*. *Коэффициент взаимоиндукции* или *взаимоиндуктивность* M характеризует долю общего для двух связанных катушек магнитного потока и имеет ту же размерность, что и коэффициент самоиндукции или *индуктивность* L. Максимальная величина M, когда весь магнитный поток двух катушек с индуктивностями L_1 и L_2 является общим, равна $\sqrt{L_1 L_2}$.

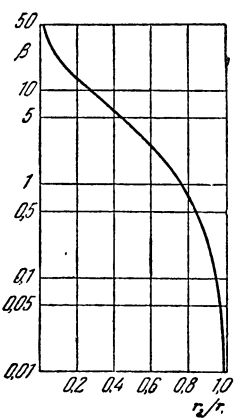


Рис. 8-23.

Отношение фактической величины взаимоиндуктивности к максимальной называется *коэффициентом связи* K,

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

Если две связанные катушки, имеющие индуктивности L_1 и L_2, включены

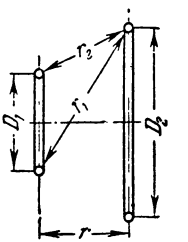


Рис. 8-24.

последовательно (конец одной соединен с началом другой), то их общая индуктивность равна

$$L' = L_1 + L_2 + 2M.$$

Если они включены последовательно, но навстречу, т. е. общая часть магнитного потока вычитается из магнитного потока каждой катушки, то общая индуктивность

$$L'' = L_1 + L_2 - 2M.$$

Этими двумя соотношениями часто пользуются при измерениях взаимоиндуктивности. Измерив общие индуктивности L' и L'', находят M по формуле

$$M = \frac{L' - L''}{4} > 0.$$

Полная индуктивность нескольких последовательно соединенных связанных катушек равна сумме самоиндукций всех катушек плюс алгебраическая сумма взаимоиндукции каждой катушки со всеми остальными.

Полная индуктивность двух катушек, соединенных параллельно, равна

$$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \mp 2M}.$$

Расчет взаимоиндуктивности двух одновитковых катушек в виде параллельных коаксиальных окружностей производится по формуле

$$M = 10^{-8} \cdot \beta \sqrt{D_1 D_2} \ [мкгн],$$

где D_1, D_2 — диаметры окружностей в *см*, а коэффициент β определяется по графику рис. 8-23 как функция r_2/r_1. Отношение r_2/r_1, в соответствии с рис. 8-24, равно

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{\left(\frac{D_2 - D_1}{2}\right)^2 + r^2}{\left(\frac{D_2 + D_1}{2}\right)^2 + r^2}}.$$

Взаимоиндуктивность двух *коаксиальных катушек* можно определить по формуле

$$M = n_1 n_2 M_{ср},$$

где n_1, n_2 — числа витков катушек, а $M_{ср}$ — среднее значение взаимоиндуктивности отдельных витков первой и второй катушек.

Если расстояние между катушками много больше длины каждой из них, то $M_{ср}$ вычисляется непосредственно по формуле для одновитковых катушек, в которую подставляются данные средних витков одной и другой катушки. Если это условие не выполняется, то катушки мысленно разбивают на несколько равных частей, вычисляют взаимоиндукцию средних витков частей первой и второй катушки (во всех комбинациях) и определяют $M_{ср}$ как среднее арифметическое из полученных значений. Расчет $M_{ср}$ катушек, показанных на рис. 8-25, можно произвести мысленным разбиением левой катушки на 3 части *a*, *b*, *c*, а правой — на две части *A*, *B*. Взаимоиндуктивности между средними витками частей будут: M_{Aa}, M_{Ab}, M_{Ac}, M_{Ba}, M_{Bb}, M_{Bc}, а средняя взаимоиндуктивность

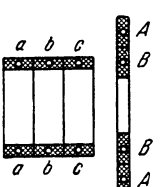


Рис. 8-25.

$$M_{ср} = \frac{M_{Aa} + M_{Ab} + M_{Ac} + M_{Ba} + M_{Bb} + M_{Bc}}{6}.$$

Катушки с магнитными сердечниками. Магнитные сердечники используются в катушках, предназначенных для самых разнообразных частот. На низких частотах, от 50 *гц*, в силовых трансформаторах и дросселях фильтров, в выходных трансформаторах усилителей звуковых частот применяются сердечники, набранные из электроизолированных пластин трансформаторного электротехнического железа. В импульсных трансформаторах используются сердечники из пластин или лент магнитномягких материалов с высокой магнитной проницаемостью. Сердечники для высокочастотных катушек и трансформаторов изготовляются из ферритов и магнетодиэлектриков.

Самоиндукция катушки, надетой на замкнутый магнитный сердечник с $\mu \gg 1$, будет в μ раз больше самоиндукции той же катушки без сердечника. В трансформаторах сосредоточение потока индукции в сердечнике резко увеличивает коэффициент связи K. Используя замкнутый сердечник, можно легко получить $K = 0{,}95 \div 0{,}98$, недостижимый без магнитного сердечника.

Недостаток магнитных сердечников — дополнительные потери в них, снижающие добротность катушки. Эти потери обусловлены вихревыми токами и гистерезисом.

Особенностью катушек с магнитным сердечником является зависимость их индуктивности от силы тока, особенно проявляющаяся при магнитном насыщении в сердечнике. В тех случаях, когда это явление нежелательно, приходится ограничивать амплитуду тока областью, в которой изменение μ мало. В ряде же устройств (магнитные усилители, модуляторы, пересчетные устройства и т. д.) эта особенность находит полезное применение.

Низкочастотные дроссели и трансформаторы. Самоиндукция катушки с магнитным сердечником при намагничивании, не превышающем максимальной индукции $B_{\text{макс}}$, равна

$$L = \frac{1{,}26n^2}{\frac{l_{\text{ж}}}{\mu S_{\text{ж}}} + \frac{l_{\text{в}}}{S_{\text{в}}}} \cdot 10^{-8}\ [\text{гн}],$$

где n — число витков, $l_{\text{ж}}$ — средняя длина магнитной цепи сердечника, $l_{\text{в}}$ — средняя длина магнитных силовых линий в воздухе, если сердечник не замкнут (в замкнутом сердечнике $l_{\text{в}} = 0$), μ — средняя относительная магнитная проницаемость сердечника, $S_{\text{ж}}$ — поперечное сечение сердечника, $S_{\text{в}}$ — действующее поперечное сечение воздушного промежутка. Все размеры в *см*. Следует иметь в виду, что $S_{\text{в}}$ несколько превышает $S_{\text{ж}}$ в незамкнутом сердечнике вследствие рассеяния потока в воздухе и вследствие того, что изоляция между пластинами сердечника делает сечение магнитного материала меньшим геометрического сечения сердечника.

Если к катушке с замкнутым магнитным сердечником приложено переменное синусоидальное напряжение, эффективная величина которого равна U, и оно вызывает переменную индукцию в сердечнике с амплитудой $B_{\text{макс}}$, то связь между ними имеет вид

$$U = 4{,}44\nu n S_{\text{ж}} B_{\text{макс}} 10^{-8}\ [\text{в}],$$

где ν — циклическая частота в *гц*, n — число витков, $S_{\text{ж}}$ — сечение сердечника в *см*^{2}, $B_{\text{макс}}$ — максимальная индукция в *гс*.

Если кроме переменной составляющей через катушку течет постоянная составляющая тока (ток подмагничивания), то индуктивность несколько уменьшается. Ориентировочно коэффициент уменьшения K можно определить из следующих данных:

AN_0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
K	0,8	0,65	0,53	0,45	0,32	0,24

Здесь AN_0 — число подмагничивающих ампер-витков постоянной составляющей тока, приходящихся на 1 *см* длины замкнутой магнитной цепи, т. е. $In/l_ж$.

Индуктивность L катушки с подмагничивающим током будет $L = KL_0$, где L_0 — индуктивность без подмагничивания; приведенные данные соответствуют малым величинам переменной составляющей, при увеличении переменной составляющей K увеличивается.

При большом подмагничивании, когда AN_0 более четырех, необходимо устраивать воздушный зазор. Приближенно оптимальную величину воздушного зазора $l_в$, при котором действующая индуктивность максимальна, можно определить по формуле

$$l_в = 10^{-3}\,(10l_ж + I_0 n)\ [мм],$$

где $l_ж$ — длина среднего пути в сердечнике в *см*, I_0 — подмагничивающий постоянный ток в *а*, n — полное число витков, по которым течет подмагничивающий ток.

При выборе диаметра провода намотки исходят из величины допустимого падения постоянного напряжения (в дросселях фильтра и звуковых трансформаторах) или из величины нагрева обмотки (в силовых

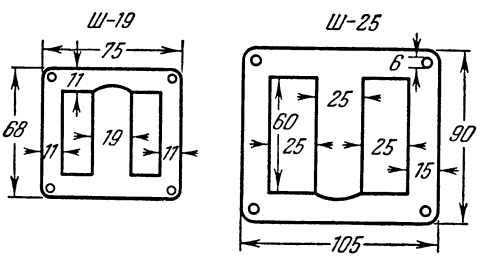


Рис. 8-26.

трансформаторах). Во втором случае диаметр провода выбирают так, чтобы плотность тока не превышала определенной величины: 2 *а/мм*² при мощности трансформатора менее 75 *вт*; 1,5 *а/мм*² при мощности от 75 до 300 *вт* и 1,3 ÷ 1,0 *а/мм*² при мощности от 300 до 1000 *вт*.

Сердечники трансформаторов и дросселей низкой частоты обычно набираются из штампованных Ш-образных пластин. Размеры пластин типов Ш-19 и Ш-25 в *мм* показаны на рис. 8-26. Величина сечения сердечника S *см*² трансформатора небольшой мощности (до 1 *ква*) должна быть не менее значения корня квадратного из числа вольт-ампер первичной обмотки.

В трансформаторах звуковых частот и в импульсных трансформаторах существенную роль играет *индуктивность рассеяния* L_s *и эквивалентная распределенная емкость* C_0.

Индуктивность рассеяния двух обмоток, расположенных на одном сердечнике, зависит от геометрических данных обмоток. Она не зависит от материала сердечника или от постоянного намагничивания сердечника, так как силовые линии магнитного потока рассеяния проходят, главным образом, не в сердечнике, а по воздуху, и сердечник оказывает на них ничтожное влияние.

Когда две обмотки расположены одна поверх другой, то общая индуктивность рассеяния L_S', отнесенная к первичной цепи, может быть определена по формуле

$$L_S' = \frac{1{,}14cn_1^2}{l}\left(h + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{3}\right) \cdot 10^{-8}\ [гн],$$

где c — длина среднего витка в *см*; n_1 — число витков первичной обмотки; остальные величины показаны на рис. 8-27, *а* (размеры в *см*).

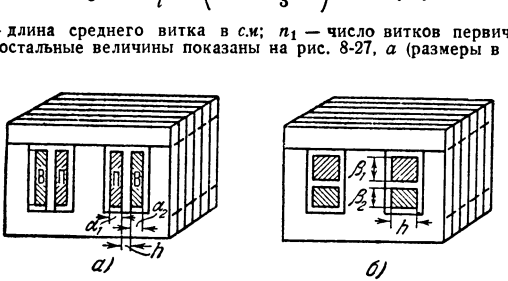


Рис. 8-27.

Если обмотки расположены рядом (рис. 8-27, *б*), то L_S' равна

$$L_S' = \frac{1{,}26n_1^2}{b}\left(h + \frac{\beta_1 + \beta_2}{3}\right) \cdot 10^{-8}\ [гн].$$

Индуктивность рассеяния L_S'', отнесенная ко вторичной обмотке, получается при замене в указанных формулах n_1 на число витков n_2 во вторичной обмотке.

Распределенная емкость в многослойных катушках сводится в основном к емкости между слоями (межвитковыми емкостями можно пренебречь). Если цилиндрическая многослойная катушка намотана обычным способом, т. е. витки уложены как в катушке ниток, то эквивалентная распределенная емкость C_0, как бы подключенная параллельно к концам обмотки, вычисляется по формуле

$$C_0 = \frac{0{,}118p\varepsilon}{Td}\ [пкф],$$

где p — длина окружности среднего витка, l — длина катушки, ε — средняя величина диэлектрической проницаемости изоляции между слоями, T — число слоев, d — толщина изоляции между слоями. Все размеры в *см*.

Радиочастотные катушки и трансформаторы. По мере совершенствования высокочастотных магнитных материалов — ферритов и магнетодиэлектриков — область применения радиочастотных катушек и трансформаторов все более расширяется.

Использование подходящих для заданного диапазона магнитных сердечников позволяет уменьшить габариты катушек с сохранением и даже повышением добротности. Перемещением сердечника легко осуществляется плавное изменение величины индуктивности. Разработаны переменные индуктивности — ферроиндукторы, в которых перемещение магнетодиэлектрического сердечника меняет индуктивность в 8 ÷ 10 раз.

Таблица 8-31. **Число витков, приходящихся на 1 *см*² сечения плотной намотки**

В таблице приведены данные для медных проводов в изоляции: эмалевой (ПЭ), шелковой одинарной (ПШО), шелковой двойной (ПШД), бумажной одинарной (ПБО) и бумажной двойной (ПБД).

Диаметр по меди, *мм*	Число витков, приходящихся на 1 *см*² сечения катушки				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,05	18000	10000	5300	—	—
0,06	12600	8200	4600	—	—
0,07	10000	6800	4000	—	—
0,08	8200	5700	3520	—	—
0,10	5700	4250	2800	2070	—
0,12	4000	3320	2280	1720	—
0,14	3130	2650	1900	1470	—
0,16	2500	2170	1600	1260	—
0,18	2070	1800	1360	1100	—
0,20	1720	1530	1180	940	665
0,25	1140	1020	835	700	515
0,30	810	740	630	540	413
0,35	592	567	493	395	202
0,40	470	450	395	325	245
0,50	308	302	274	231	182
0,6	217	217	194	172	134
0,77	164	164	148	134	108
0,98	125	128	117	108	88
0,9	101	103	95	88,6	73,5
1,0	83	85	79	73,5	62,5
1,2	58,5	59,5	55	53,5	46,5
1,4	44,5	45	42	41	36
1,6	—	—	—	31,3	27,8
1,8	—	—	—	25,3	22,8
2,0	—	—	—	21	19

Таблица 8-32. **Сопротивление, приходящееся на 1 *см*³ непрерывной намотки**

Диаметр по меди, *мм*	Сопротивление 1 *см*³ объема катушки, *ом*				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,05	1640	910	482	—	—
0,06	795	517	290	—	—
0,07	464	315	185,5	—	—
0,08	291	202,5	125	—	—
0,10	129,7	96,7	63,7	47,1	—
0,12	63,2	52,5	36	27,1	—
0,14	36,3	30,7	22,1	17,1	—
0,16	22,2	19,3	14,2	11,2	—
0,18	14,56	12,65	9,55	7,73	—

Продолжение

Диаметр по меди, *мм*	Сопротивление 1 $см^3$ объема катушки, *ом*				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,20	9,76	8,68	6,70	5,34	3,78
0,25	4,15	3,71	3,04	2,55	1,87
0,30	2,05	1,87	1,59	1,36	1,04
0,35	1,11	1,05	0,916	0,730	0,543
0,40	0,668	0,640	0,561	0,462	0,348
0,5	0,280	0,275	0,249	0,210	0,165
0,6	0,137	0,137	0,122	0,108	0,0845
0,7	0,0760	0,0760	0,0685	0,0620	0,0500
0,8	0,0444	0,0454	0,0415	0,0383	0,0312
0,9	0,0284	0,0289	0,0267	0,0247	0,0206
1,0	0,0189	0,0193	0,0180	0,0167	0,0142
1,2	0,00924	0,00940	0,00869	0,00845	0,00735
1,4	0,00516	0,00522	0,00487	0,00475	0,00418
1,6	—	—	—	0,00278	0,00247
1,8	—	—	—	0,00178	0,00160
2,0	—	—	—	0,00119	0,00108

Добротность ферроиндуктора в области длинных и средних волн изменяется при перестройке от 60 до 70. Удается получить добротность свыше 100 в подстраиваемых катушках индуктивности с альсиферовым сердечником на частотах до 45 *Мгц*.

Расчет радиочастотных катушек с магнитным сердечником весьма сложен. Для каждой катушки он должен проводиться индивидуально по заданным техническим условиям и затем обязательно экспериментально проверяться. Поэтому такие расчеты целесообразно производить только в случае массового изготовления аппаратуры, где соответствующие катушки используются. Расчету радиочастотных катушек с магнитными сердечниками посвящена вторая половина монографии Л. И. Рабкина и Б. Ш. Эпштейна, Неметаллические ферромагнетики (ферриты) в аппаратуре связи, М., 1955 (см. также Л. И. Рабкин и З. И. Новикова, Радиотехника и электроника, т. II, в. 6, стр. 762, 1957).

Глава 8-3

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ПРИБОРЫ *)

§ 8-7. Система условных обозначений электронных и ионных приборов

Система условных обозначений электровакуумных, полупроводниковых и ионных приборов, приведенных в соответствии с ГОСТ 5461-59, состоит из следующих четырех элементов (в порядке их расположения).

*) Более подробные сведения можно найти в книгах Электровакуумные приборы, справочник, М. — Л., 1956; А. М. Бройде, Ф. И. Тарасов, Справочник по электровакуумным и полупроводниковым приборам, М. — Л., 1960.

Первый элемент обозначения

Группа приборов	Условное обозначение
Лампы генераторные длинно- и коротковолновые (предельная частота до 25 *Мгц*)	ГК
Лампы генераторные ультракоротковолновые (предельная частота от 25 до 600 *Мгц*)	ГУ
Лампы генераторные сантиметровые (предельная частота свыше 600 *Мгц*)	ГС
Лампы модуляторные	ГМ
Кенотроны	В
Стабилизаторы напряжения	СГ
» тока	СТ
Тиратроны с газовым наполнением	ТГ
» с наполнением парами ртути	ТР
» с холодным катодом	ТХ
Газотроны с газовым наполнением	ГГ
» с наполнением парами ртути	ГР
Игнитроны	И
Импульсные приборы: генераторные	ГИ
Импульсные приборы: модуляторные	ГМИ
Импульсные приборы: тиратроны газовые	ТГИ
Разрядники всех типов	Р
Фотоэлементы	Ф
Фотоэлектронные умножители	ФЭУ
Лампы приемно-усилительные и маломощные кенотроны для питания приемно-усилительных ламп	Число, указывающее (округленно) напряжение накала в вольтах
Электронно-лучевые трубки (кроме передающих)	Число, указывающее величину диаметра или диагонали экрана в сантиметрах
Передающие электронно-лучевые трубки и электронные коммутаторы	Л
Полупроводниковые диоды	Д
Транзисторы	П

Второй элемент обозначения

Группа приборов	Условное обозначение
Диоды	Д
Двойные диоды	Х
Триоды	С
Тетроды	Э
Выходные пентоды и лучевые тетроды	П
Пентоды с короткой характеристикой	Ж

Продолжение

Группа приборов	Условное обозначение
Пентоды с удлиненной характеристикой	К
Частото-преобразовательные лампы с двумя управляющими сетками	А
Триоды с одним или двумя диодами	Г
Пентоды с одним или двумя диодами	Б
Двойные триоды	Н
Триод-пентоды	Ф
Индикаторы настройки	Е
Полупроводниковые приборы	Число, указывающее порядковый номер типа прибора
Стабилизаторы	
Кенотроны	
Газотроны	
Тиратроны	
Игнитроны	
Осциллографические трубки и кинескопы с электростатическим отклонением луча	ЛО
Осциллографические трубки с электромагнитным отклонением луча	ЛМ
Кинескопы с электромагнитным отклонением луча	ЛК
Передающие электронно-лучевые трубки	И
Электронные коммутаторы	П
Разрядники с давлением выше атмосферного (тригатроны)	Т
Кенотроны для питания приемно-усилительных ламп	Ц

Примечание. Генераторные и модуляторные лампы, фотоэлементы, фотоэлектронные умножители и стабилизаторы напряжения второго элемента условного обозначения не имеют. Отсутствующий элемент в условном обозначении этих приборов отмечается знаком -.

Третий элемент обозначения

Группа приборов	Условное обозначение
Лампы генераторные всех диапазонов	Число, указывающее порядковый номер типа прибора
» модуляторные	
Разрядники всех типов	
Электронно-лучевые трубки всех типов и электронные коммутаторы	
Приемно-усилительные лампы и кенотроны для питания приемно-усилительных ламп	
Фотоэлементы и электронные умножители	
Полупроводниковые приборы	Буква, обозначающая разновидность типа прибора

Продолжение

Группа приборов	Условное обозначение
Стабилизаторы	Буква, обозначающая тип конструктивного оформления (см. четвертый элемент обозначения приемно-усилительных ламп)

Примечание. Газотроны, тиратрочы, игнитроны и кенотроны третьего элемента условного обозначения не имеют. Отсутствующий элемент в условном обозначении этих приборов обозначается знаком-.

Четвертый элемент обозначения

Группа приборов	Условное обозначение
Лампы генераторные всех диапазонов и модуляторные с принудительным охлаждением: водяным	А
воздушным	Б
Кенотроны	Дробное число, где числитель указывает среднее значение тока в амперах (для импульсных приборов — импульсное значение тока), а знаменатель — амплитудное значение обратного напряжения в киловольтах
Газотроны	
Тиратрочы	
Игнитроны	
Приемно-усилительные лампы, кенотроны для питания приемно-усилительных ламп и стабилизаторы напряжения:	
в металлическом баллоне	Без обозначения
в стеклянном баллоне	С
в керамическом баллоне	К
типа «желудь»	Ж
с замком в ключе цоколя	Л
пальчиковые	П
сверхминиатюрные диаметром до 6 *мм* . . .	А
» » до 10 *мм* . .	Б
» » свыше 10 *мм*	Г
» » до 4 *мм* . . .	Р
с дисковыми впаями	Д

Примечание. Передающие электронно-лучевые трубки, фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, стабилизаторы напряжения и кристаллические приборы четвертого элемента условного обозначения не имеют. В четвертый элемент обозначения осциллографических трубок и кинескопов могут быть введены обозначения различных типов фосфоров экранов

§ 8-8. Типовые параметры приемно-усилительных ламп

Вакуумной промышленностью выпускается более ста различных типов приемно-усилительных ламп.

В таблицах этого параграфа приведены типовые данные наиболее употребительных приемно-усилительных ламп: диодов и двойных диодов (табл. 8-33), триодов и двойных триодов (табл. 8-34), пентодов и лучевых тетродов (табл. 8-35), гептодов (табл. 8-36), диод-пентодов (табл. 8-37), двойных диод-триодов (табл. 8-38) и электронно-лучевых индикаторов настройки (табл. 8-39). Для давно разработанных ламп указано также их старое обозначение.

По конструктивному оформлению лампы делятся на несколько групп.

Металлические лампы имеют баллон металлический, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый, с направляющим ключом в центре.

Стеклянные — баллон стеклянный, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый, с направляющим ключом в центре.

Пальчиковые — цельностеклянные, бесцокольные. Штырьки (семь или девять) укреплены непосредственно в стеклянном дне лампы.

Сверхминиатюрные — цельностеклянные, бесцокольные, со сплюснутым баллоном. Выводы от электродов выполнены в виде гребенки мягких луженых проводников, выходящих из стеклянной ножки лампы. Первый по счету вывод помечен цветной меткой на ножке лампы.

Лампы типа *«желудь»* — цельностеклянные, без цоколя. Штырьки укреплены в утолщенном поясе вокруг баллона, а также в верхнем и нижнем концах баллона.

Обычно внутри баллона лампа содержит одну ламповую систему, но бывают *двойные* лампы, когда в баллоне объединены две ламповые системы одного типа (двойной диод, двойной триод и т. п.) и *комбинированные*, содержащие в общем баллоне несколько ламповых систем, чаще всего с общим катодом (двойной диод-триод и т. п.).

У ламп *прямого накала* нить накала непосредственно служит источником электронов; у ламп *косвенного накала* (подогревных) катод отделен от нити накала (подогревателя) изолирующим слоем.

Напряжения на электродах и токи, приведенные в таблицах, соответствуют основному режиму данного типа лампы при ее использовании по назначению, указанному в третьей графе. Значения параметров соответствуют указанным в таблицах напряжениям и токам.

Крутизна характеристики $S = \frac{di_a}{du_g}$ — отношение приращения анодного тока к приращению напряжения на сетке при фиксированных напряжениях на аноде и всех других электродах.

Коэффициент усиления (статический) $\mu = -\frac{du_a}{du_g}$ — абсолютная величина отношения приращения анодного напряжения к приращению сеточного напряжения при фиксированных анодном токе и напряжениях на других электродах.

Внутреннее сопротивление $R_i = \frac{du_a}{di_a}$ — отношение приращения напряжения на аноде к приращению анодного тока при фиксированных напряжениях на всех других электродах.

Крутизна преобразования $S_{пр}$ — параметр частото-преобразовательных ламп, показывающий величину тока промежуточной частоты в анодной цепи лампы при напряжении сигнала на ее сетке 1 *в* в основном рабочем режиме.

В графе «*Рассеиваемая мощность*» приведена наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде.

Межэлектродные емкости соответствуют средним значениям статических емкостей лампы. *Входная* — емкость управляющей сетки относительно всех других электродов; *выходная* — емкость анода относительно всех других электродов; *проходная* — емкость между анодом и управляющей сеткой при заземленных всех остальных электродах.

Вес ламп указан без упаковки.

В графе «*Габаритный чертеж*» указано обозначение соответствующего данной лампе габаритного чертежа (см. стр. 516—520). Обозначение состоит из буквы, характеризующей внешнее оформление лампы, и порядкового номера габаритного чертежа (для ламп в металлическом баллоне только порядковый номер). Лампы в стеклянном баллоне обозначаются: С1, С2, С3 и т. д.; типа «желудь» — Ж1, Ж2 и т. д.; с замком в ключе цоколя — Л1, Л2 и т. д.; миниатюрные пальчиковые — П1, П2 и т. д.; сверхминиатюрные диаметром до 6 *мм* — А1; сверхминиатюрные диаметром до 10 *мм* — Б1, Б2 и т. д.; с дисковыми впаями — Д1, Д2.

Обозначение габаритных чертежей приемно-усилительных ламп

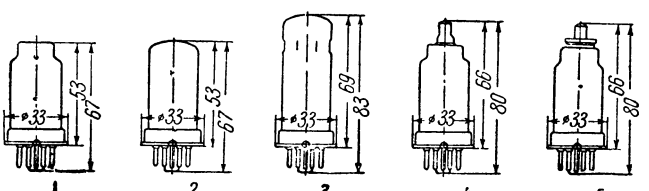
Лампа	Обозначение чертежа	Лампа	Обозначение чертежа	Лампа	Обозначение чертежа
06Ж6Б	Б1	4Ж1Л	Л1	6Ж3	2
06П2Б	Б1	4П1Л	Л3	6Ж3П	П3
1А1П	П3	4С3С	С28	6Ж4	2
1Б1П	П3	5Ц3С	С16	6Ж4П	П4
1К1П	П3	5Ц4М	С9	6Ж5П	П3
1К2П	П3	5Ц4С	С14	6Ж6С	С20
1Н3С	С2	5Ц8С	С31	6Ж7	5
1П2Б	Б2	5Ц9С	С30	6Ж8	2
1П3Б	Б5	6А2П	П3	6Ж9П	П6
1П4Б	Б2	6А7	1	6Ж10П	П6
1Ц1С	С20	6А10С	С11	6Ж11П	П7
1Ц7С	С21	6Б2П	П3	6Ж21П	П7
1Ц11П	П12	6Б8С	С18	6Ж22П	П8
2Д1С	С27	6Г1	2	6К1Ж	Ж2
2Д2С	С29	6Г2	2	6К1Л	Л1
2Ж2М	С17	6Г7	4	6К1П	П1
2Ж27Л	Л2	6Д3Д	Д1	6К3	2
2Ж27П	П11	6Д4Ж	Ж1	6К4	2
2Ж28Л	Л2	6Д6А	А1	6К4П	П3
2К2М	С17	6Е1П	П9	6К7	5
2П1П	П3	6Е5С	С12	6К9С	С20
2П2П	П3	6Ж1Б	Б4	6Н1П	П7
2П9М	С13	6Ж1Ж	Ж2	6Н2П	П7
2П29Л	Л2	6Ж1Л	Л1	6Н3П	П6
2П29П	П11	6Ж1П	П2	6Н4П	П7
2С4С	С16	6Ж2Б	Б4	6Н5П	П7
2Ц2С	С23	6Ж2П	П2	6Н5С	С16

Продолжение

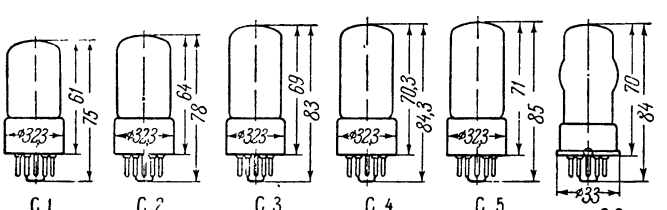
Лампа	Обозначение чертежа	Лампа	Обозначение чертежа	Лампа	Обозначение чертежа
6Н7С	С3	6С3Б	Б6	10Ж3Л	Л1
6Н8С	С8	6С4С	С16	10Ж12С	С25
6Н9С	С8	6С5Д	Д2	10П12С	С24
6Н13С	С16	6С5С	С4	12Г1	2
6Н15П	П3	6С6Б	Б3	12Г2	2
6П1П	П8	6С7Б	Б3	12Ж1Л	Л1
6П3С	С15	6С8С	С19	12Ж3Л	Л1
6П6С	С5	6Х2П	П2	12Ж8	2
6П7С	С26	6Х6С	С7	12К3	2
6П9	3	6Ц4П	П5	12К4	2
6П13С	С22	6Ц5С	С1	12Н4П	П7
6П14П	П10	6Ц10П	П13	12С3С	С28
6П15П	П10	6Э5П	П9	12Х3С	С28
6С1Ж	Ж1	7Ж12С	С25	30П1С	С10
6С1П	П1	7П12С	С24	30Ц6С	С14
6С2П	П4	10Ж1Л	Л1		
6С2С	С6				

Габаритные чертежи приемно-усилительных ламп *)

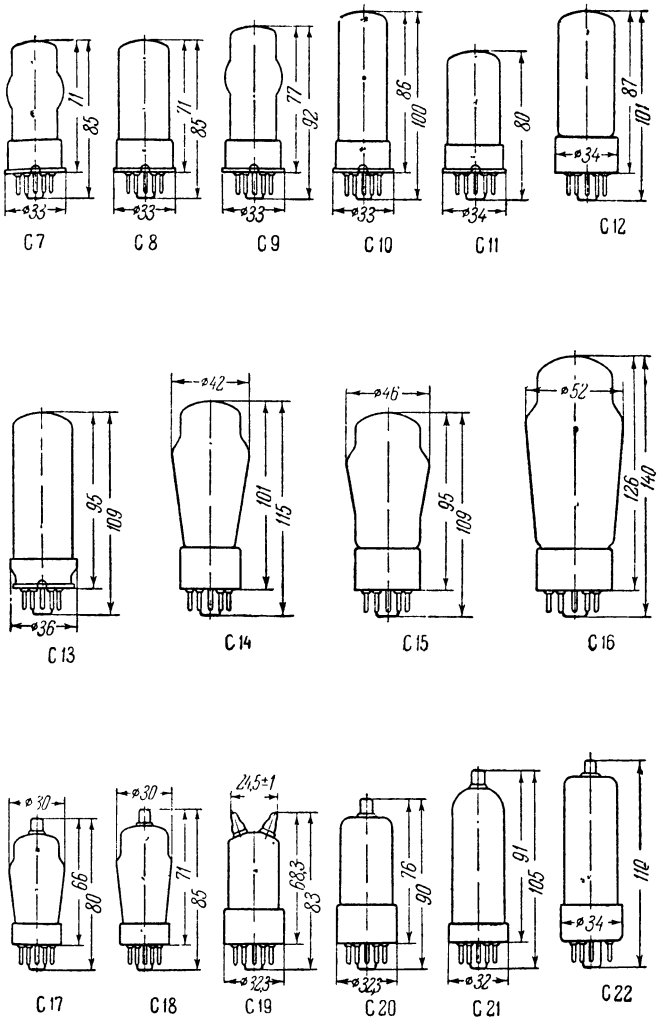
I. В металлическом баллоне

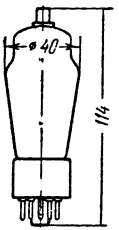


II. В стеклянном баллоне

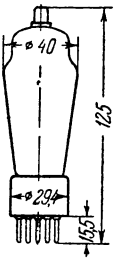


*) На чертежах приведены наибольшие размеры, выраженные в миллиметрах.

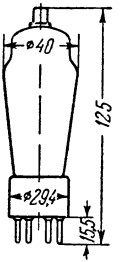

11
85
ø33
C7
11
85
ø33
C8
77
92
ø33
C9
86
100
ø33
C10
80
ø34
C11
87
101
ø34
C12
95
109
ø36
C13
ø42
101
115
C14
ø46
95
109
C15
ø52
126
140
C16
ø30
66
80
C17
ø30
71
85
C18
24,5±1
68,3
83
ø32,3
C19
76
90
ø32,3
C20
91
105
ø32
C21
112
ø34
C22



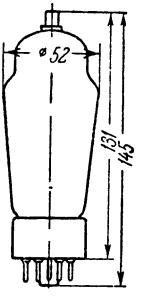
С23



С24

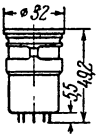


С25

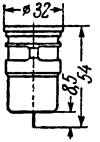


С26

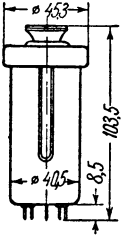
С27



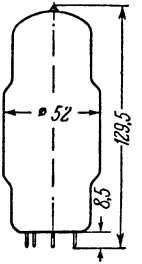
С28



С29

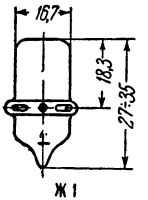


С30

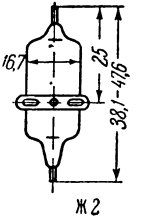


С31

III. Типа «желудь»

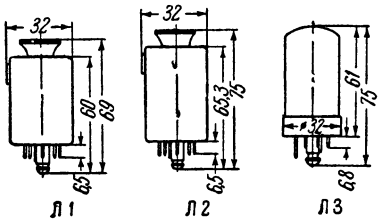


Ж1

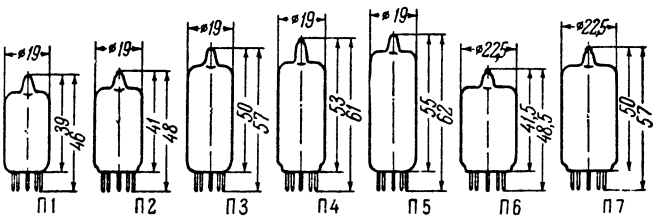


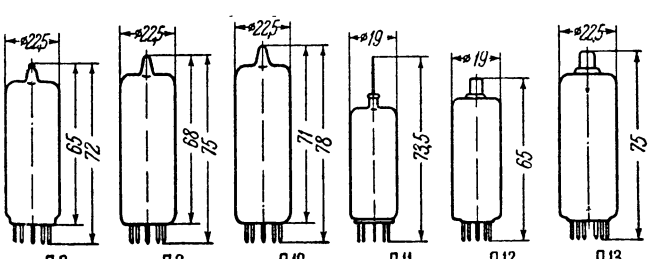
Ж2

IV. С замком в ключе цоколя

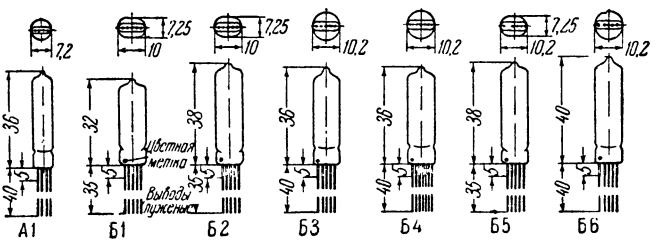


V. Миниатюрные пальчиковые

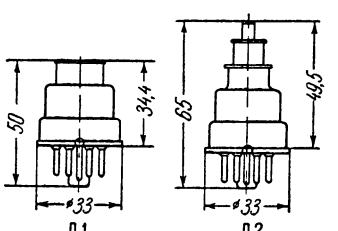




VI. Сверхминиатюрные



VII. С дисковыми впаями



В графе «*Цоколевка*» указан номер чертежа схемы соединения электродов лампы со штырьками. Чертежи цоколевки нумеруются порядковыми номерами для каждой таблицы данного параграфа отдельно.

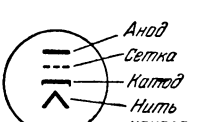
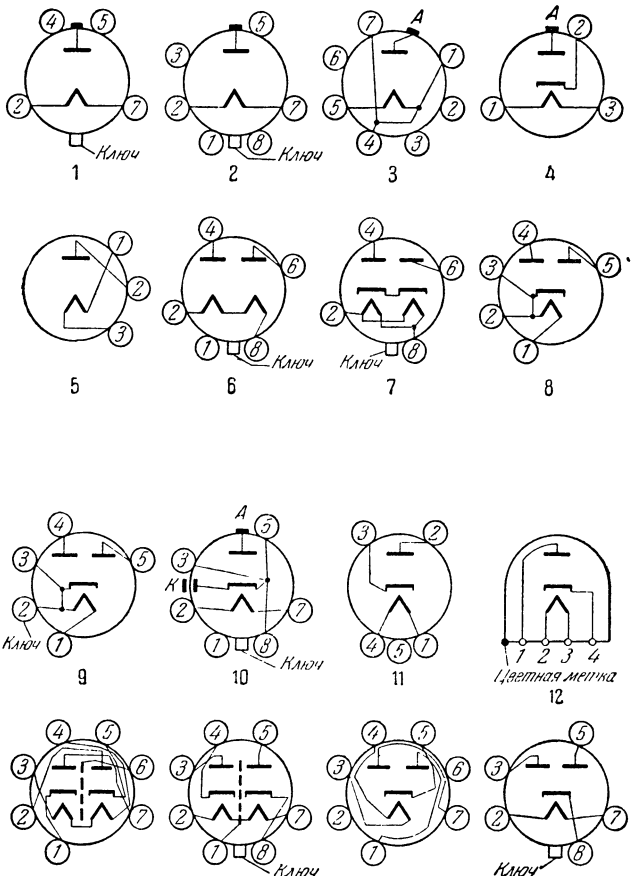


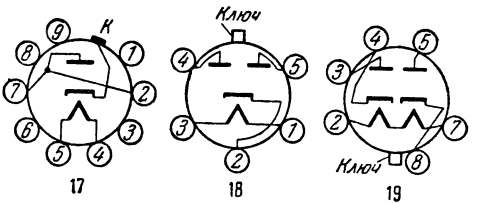
Рис. 8-28.

Нумерация штырьков на чертеже соответствует виду лампы снизу, со стороны штырьков. Обозначения электродов ламп на чертеже цоколевки отвечают рис. 8-28.

Цоколевка приемно-усилительных ламп

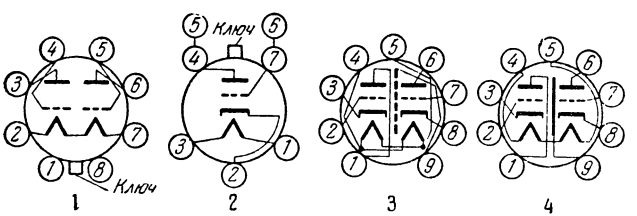
I. Диоды и двойные диоды (табл. 8-33)



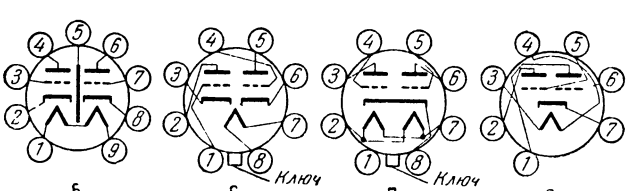


17 18 19

II. Триоды и двойные триоды (табл. 8-34)

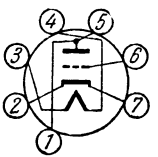


1 2 3 4

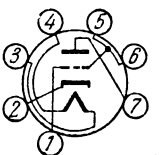


5 6 7 8

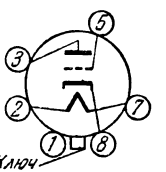
9



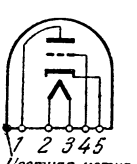
10



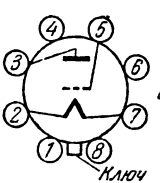
11



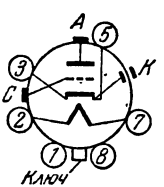
12



13

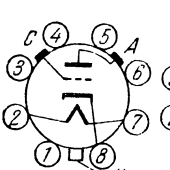


14

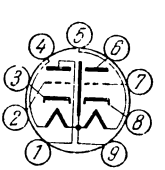


15

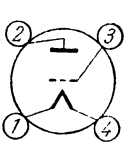
16



17

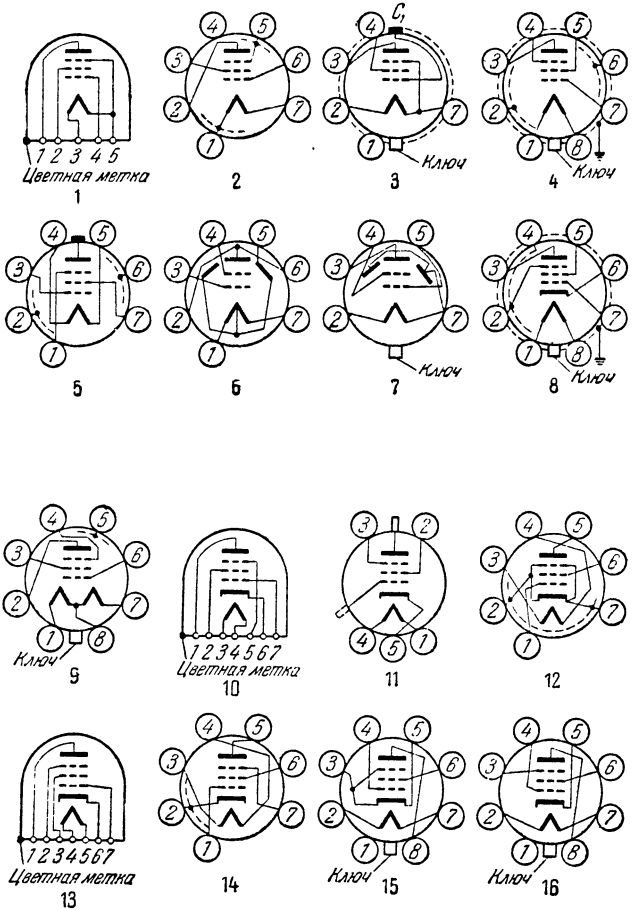


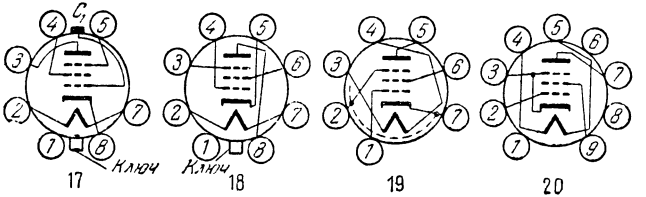
18



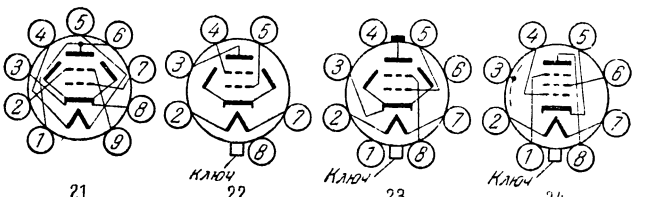
19

III. Пентоды и лучевые тетроды (табл. 8-35)

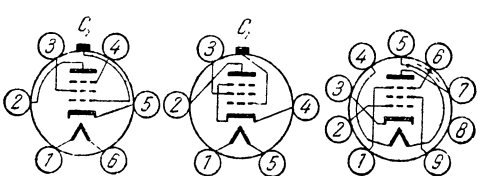




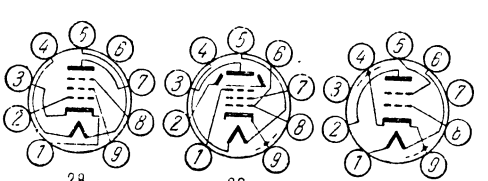
17 18 19 20



21 22 23 24

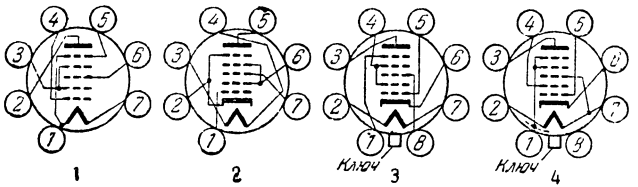


25 26 27



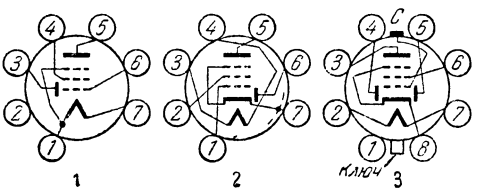
28 29 30

IV. Гептоды (табл. 8-36)



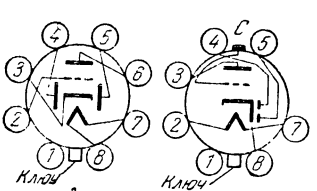
1 2 3 4

V. Диод-пентоды (табл. 8-37)



1 2 3

VI. Двойные диод-триоды (табл. 8-38)



1 2

Таблица 8-33. Диоды и двойные диоды

В графе шестой приведено наибольшее значение выпрямленного напряжения $U_{выпр}$ в режиме выпрямления и эффективное значение анодного напряжения в режиме детектирования.

В седьмой графе указано $i_{a\ макс}$ — наибольшее допустимое мгновенное значение анодного тока за период в режиме выпрямления или детектирования; если диод двуханодный, то указанный ток соответствует одному аноду.

В восьмой графе приведено наибольшее среднее значение выпрямленного тока $i_{a\ ср}$.

В девятой графе даны наибольшие допустимые отрицательные напряжения на аноде диода, не вызывающие электрического пробоя.

В десятой графе — наибольшая допустимая рассеиваемая мощность на аноде диода.

Одиннадцатая графа содержит значения паразитных статических емкостей: $C_{ак}$ — между анодом и катодом.

В двенадцатой графе указывается взаимная емкость между анодами двуханодных высокочастотных диодов или емкость катода одноанодных диодов СВЧ.

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	$i_{a\ макс}$, *ма*	$i_{a\ ср}$, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_{ак}$	$C_{a_1a_2}$			
1Ц1С	1Ц1	Высоковольтный кенотрон прямого накала, анод — вывод-колпачок сверху; выпрямление импульсов высокого напряжения в телевизионной аппаратуре	0,7	0,185	13 000	6	0,5	15 000	0,5	2	—	30	С20	1
1Ц7С	1ВД2 1В3/8016	Высоковольтный кенотрон прямого накала, анод — вывод-колпачок сверху; выпрямление высокочастотных импульсов в телевизионных устройствах, наибольшая частота 300 *кгц*	1,25	0,2	27 000	17	2	30 000	—	1,6	—	35	С21	2

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	$i_{a\ макс}$, *ма*	$i_{a\ ср}$, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_к$	$C_{a_1a_2}$			
1Ц11П	—	Высоковольтный кенотрон прямого накала, анод—вывод-колпачок сверху; выпрямление импульсов высокого напряжения в телевизионной аппаратуре	1,2	0,2	17 000	2	0,3	20 000	—	—	—	15	П12	3
2Д1С	ДИ2-10	Измерительный; бесцокольный, косвенного накала, анод — вывод-колпачок сверху; детектирование СВЧ, наибольшая частота $3 \cdot 10^9$ *гц*	2,3	0,1	5	1,6	0,1	100	0,01	0,25	—	5	С27	4
2Д2С	ДШ2-10	Шумовой; прямого накала, ключ на верхнем цоколе; генератор шумов СВЧ, наибольшая частота $3 \cdot 10^9$ *гц*	1,5	1,45	пост. 125	—	40	200	5	0,78	—	25	С29	5
2Ц2С	2Х2/879	Высоковольтный кенотрон косвенного накала; анод—вывод-колпачок сверху; выпрямление переменного тока	2,5	1,75	4200	100	6,8	12500	—	—	—	55	С23	1

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	$i_{a\ макс}$, *ма*	$i_{a\ ср}$, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_{ак}$	$C_{a_1a_2}$			
5Ц3С	5U4G	Двухanодный кенотрон прямого накала; выпрямление переменного тока	5	3	570	750	230	1700	—	—	—	72	С16	6
—	5Ц4М	Двухanодный кенотрон в стеклянном баллоне, косвенного накала; выпрямление переменного тока	5	2	520	415	140	1550	—	—	—	45	С9	7
5Ц4С	—	Двухanодный кенотрон косвенного накала; выпрямление переменного тока	5	2	450	375	125	1350	—	—	—	55	С14	7
5Ц8С	—	Двухanодный кенотрон; бесцокольный, косвенного накала; выпрямление переменного тока	5	5	570	1,2*а*	400	1700	30	—	—	110	С31	8

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	$i_{a\ макс}$, *ма*	$i_{a\ ср}$, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_{ак}$	$C_{a_1a_2}$			
5Ц9С	1502	Двухanодный кенотрон, бесцокольный, косвенного накала, ключ — выпуклость в баллоне; выпрямление переменного тока	5	3	570	600	190	1700	12,0	—	—	95	С30	9
6Д3Д	ДМ1 (559)	Маячковый косвенного накала; анод — дисковый электрод сверху, на корпусе вывод ВЧ; детектирование колебаний СВЧ, наибольшая частота $3 \cdot 10^9$ *гц*	6,3	0,77	45	150	—	200	—	2,8	катод-корпус 87,5	35	Д1	10
6Д4Ж	6Х1Ж 9004	Типа «желудь» косвенного накала, детектирование	6,3	0,15	130	30	5	365	—	1,91	—	12	Ж1	10
6Д6А	6Д1А	Сверхминиатюрный косвенного накала; детектирование; резонансная частота около 700 *Мгц*	6,3	0,15	165	70	10	450	0,2	3	катод-подогреватель 3,5	2,5	А1	12

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	$i_{a\ макс}$, *ма*	$i_{a\ ср}$, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_{ак}$	$C_{a_1a_2}$			
6Х2П	—	Пальчиковый двойной диод косвенного накала с отдельными катодами; детектирование и выпрямление переменного тока; собственная резонансная частота 1000 *Мгц*	6,3	0,3	150	90	20	450	0,5	3,8	0,03	10	П2	13
6Х6С	6Х6М	Двойной диод косвенного накала с отдельными катодами; детектирование	6,3	0,3	165	50	16	465	—	3,25 4,0	0,1	40	С7	14
6Ц4П	6Х4П	Пальчиковый двуханодный кенотрон косвенного накала; выпрямление переменного тока	6,3	0,6	400	300	75	1000	3	—	—	10	П5	15
6Ц5С	6Х5С	Двуханодный кенотрон косвенного накала; выпрямление переменного тока	6,3	0,6	460	300	75	1100	—	—	—	40	С1	16

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		$U_{выпр}$, *в*	i_a макс, *ма*	i_a ср, *ма*	Обратное напряжение, *в*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*						$C_{ак}$	$C_{a_1a_2}$			
6Ц10П	—	Пальчиковый диод косвенного накала, катод — вывод-колпачок сверху; демпфирование колебательного процесса в выходном трансформаторе строчной развертки телевизора	6,3	1,05	1500	450	120	4500	—	—	—	25	П13	17
12Х3С	ЛГ-1	Двойной диод косвенного накала с направляющим ключом на верхнем цоколе; детектирование и преобразование СВЧ; наибольшая частота $1{,}8 \cdot 10^9$ *гц*	12,6	73	10	20	2	250	0,1	0,48	0,12	35	С28	18
30Ц6С	—	Двуханодный кенотрон с отдельными катодами, косвенного накала; выпрямление переменного тока	30	0,3	200	500	120	500	—	—	—	55	С14	19

Таблица 8-34. Триоды и двойные триоды

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	*S*, *ма/в*	μ	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
1Н3С	1Н1	Двойной выходной триод прямого накала; усиление мощности НЧ в режиме класса B_2	1,2	0,12	150	2,5	—5,5	—	11	1	—	—	—	40	С2	1
2С4С	—	Выходной триод прямого накала; усиление мощности НЧ	2,5	2,5	250	62	—45	5,2	4,2	15	7,5	5,2	16,5	—	С16	19
4С3С	—	СВЧ триод косвенного накала с направляющим ключом в верхнем цоколе; для генерирования колебаний СВЧ, наибольшая частота 10^9 *гц*	4,4	0,33	100	11	—4	3	12,5	5	1,55	0,65	1,15	38	С28	2
6Н1П	—	Пальчиковый двойной триод косвенного накала с отдельными катодами; усиление напряжения НЧ	6,3	0,6	250	8	—4,8	3,2	35	2	3,8	1,75	1,85	12	П7	3
6Н2П	—	Пальчиковый двойной триод косвенного накала с отдельными катодами; усиление напряжения НЧ	6,3	0,45	250	2,3	—1,5	2	97,5	1	2,25	2,9 3,1	0,7	15	П7	4

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	S, *ма/в*	μ	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*		Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер иллюстрации
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
6Н3П	—	Пальчиковый двойной триод косвенного накала с отдельными катодами; усиление напряжения и генерирование колебаний ВЧ	6,3	0,35	150	7,7	—1,8	4,9	37	1,5	2,5	1,4	1,3	15	П6	5
6Н4П	—	Пальчиковый двойной триод с отдельными катодами косвенного накала; усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	3	—3,9	1,85	40	1,5	1,6	1,4	1,3	—	П7	3
6Н6П	—	Пальчиковый двойной триод косвенного накала с отдельными катодами; усиление напряжения ВЧ в схемах мгновенной автоматической регулировки усиления (МАРУ)	6,3	0,6	200	8	—4,8	3,5	27	2	3	1,5 1,7	2,25	15	П7	4
6Н5С	{6Н11 {6AS7	Двойной триод косвенного накала с малым R_i; работа в электронных стабилизаторах и в системах развертки телевизионных устройств	6,3	2,5	135	110	—27,5	6,7	30	13	9,5	5,0	9,5	95	С16	6
6Н7С	—	Двойной триод косвенного накала с общим катодом; усиление мощности НЧ	6,3	0,81	300	3,5	—6	—	35	6	—	—	—	50	С3	7

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	*S*, *ма/в*	μ	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
6Н8С	6Н8М	Двойной триод косвенного накала с отдельными катодами; усиление напряжения НЧ	6,3	0,6	250	9	—8	2,6	20,5	2,75	—	—	—	37	С8	6
6Н9С	6Н9М	Двойной триод косвенного накала с отдельными катодами, усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	2,3	—2	1,6	70	1,1	—	—	—	34	С8	6
6Н13С	—	Двойной триод косвенного накала с малым R_i; используется в схемах электронной стабилизации	6,3	2,8	90	80	—30	5	0,46	13	7,0	4,2	9,0	90	С16	6
6Н15П	6Н15 6Ж6	Пальчиковый двойной триод косвенного накала; усиление напряжения НЧ и генерирование колебаний ВЧ	6,3	0,45	100	9	—0,45	5,6	38	1,6	2	0,4	1,4	12	П3	8
6С1Ж	955	Высокочастотный типа «желудь», косвенного накала; усиление и генерирование ВЧ	6,3	0,15	250	6,1	—7	2,25	26	1,8	1,0	0,6	1,4	—	Ж1	9
6С1П	9002	Пальчиковый косвенного накала; усиление ВЧ	6,3	0,15	250	6,1	—7	2,25	26	1,8	1,38	1,1	1,35	12	П1	10

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	*S*, *ма/в*	μ	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
6С2П	—	Пальчиковый, косвенного накала; генерирование и усиление колебаний СВЧ в схемах с заземленной сеткой	6,3	0,4	150	14,5	—1,4	12	55	2,5	55	4,15	0,35	11	П4	11
6С2С	6J5	Косвенного накала; усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	9	—8	2,55	20,5	2,75	3	4,5	3,8	—	С6	12
6С3Б	—	Сверхминиатюрный, косвенного накала; усиление напряжения НЧ	6,3	0,15	270	8,5	—12,7	2,2	14	2,5	2,5	3,9	1,6	3,5	Б6	13
6С4С	6В4	Выходной триод прямого накала; усиление мощности НЧ	6,3	1,0	250	62	—45	5,4	4,15	15	—	—	—	75	С16	14
6С5Д	ТМ1	Маячковый, косвенного накала; анод сверху, сетка — дисковый вывод, вывод ВЧ на корпусе; генерирование колебаний СВЧ; наибольшая частота 3370 *Мгц*	6,3	0,77	250	15	—3	4,75	42,5	6,5	2,35	0,05	1,325	40	Д2	15
6С5С	—	Косвенного накала; детектирование и усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	8	—8	2.2	20	2,75	3,8	12	2	40	С4	16

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	*S*, *ма/в*	μ	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
6С6Б	6С1Б	Сверхминиатюрный триод косвенного накала; усиление напряжения НЧ и генерирование колебаний ВЧ	6,3	0,2	120	9	—2	5	25	1,2	3,3	3,5	1,42	3,5	Б3	13
6С7Б	6С2Б	Сверхминиатюрный, косвенного накала; усиление напряжения НЧ	6,3	0,2	250	4,5	—1,8	2,6	66	1,3	3,3	3,4	1	3,5	Б3	13
6С8С	6С22	Импульсный триод косвенного накала; сетка и анод — выводы-колпачки сверху; генерирование колебаний ВЧ в импульсном режиме	6,3	0,3	300	11,25; имп. 500	—10,5	3	20	3,6	2,2	0,65	3,4	35	С19	17
12Н4П	—	Пальчиковый двойной триод косвенного накала с отдельными катодами, усиление напряжения и тока НЧ	12,6 6,3	0,15 0,3	250	3	—3,9	1,75	40	1,5	1,5	1,5	1,3	15	П7	18
12С3С	ЛД-1	СВЧ триод косвенного накала с направляющим ключом на верхнем цоколе; генерирование колебаний СВЧ до 10^9 *гц*	12,6	0,1	100	11	—4	3	12,5	5	1,55	0,65	1,15	—	С28	2

Таблица 8-35. Пентоды и лучевые тетроды

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
06Ж6Б	—	Сверхминиатюрный пентод прямого накала с короткой характеристикой; для усиления напряжения НЧ	0,625	0,02	30	0,15
06П2Б	—	Сверхминиатюрный пентод прямого накала; для усиления напряжения НЧ	0,625	0,03	30	0,09
1К1П	—	Пальчиковый пентод прямого накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	1,2	0,06	90	3,5
1К2П	—	Пальчиковый пентод с удлиненной характеристикой прямого накала; усиление напряжения ВЧ	1,2	0,03	60	1,35
1П2Б	507	Сверхминиатюрный выходной пентод прямого накала; усиление мощности НЧ	1,25	0,05	45	1,3
1П3Б	—	Сверхминиатюрный выходной пентод прямого накала; усиление мощности НЧ	1,25	0,027	45	0,75
1П4Б	—	Сверхминиатюрный выходной пентод прямого накала; усиление мощности НЧ	1,25	0,02	45	0,6
—	2Ж2М	Высокочастотный пентод прямого накала с короткой характеристикой в стеклянном металлизированном баллоне; управляющая сетка — вывод-колпачок сверху; усиление напряжения ВЧ	2	0,06	120	1,9
2Ж27Л	2Ж27	Высокочастотный пентод прямого накала с короткой характеристикой, в стеклянном баллоне на плоской ножке с внешним металлическим экраном; усиление напряжения ВЧ (до 120 *Мгц*)	2,2	0,057	120	1,9

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
30	0,1	0	$\geqslant$0,11	—	0,008	5	3	0,3	2,5	Б1	1
30	0,03	0	$\geqslant$0,13	1,1	0,008	5	3	0,3	2,5	Б1	1
67,5	1,2	0	0,89	0,8	—	3,5	7,5	$\leqslant$0,01	—	П3	2
45	0,35	0	0,7	1,5	0,3	3	4,9	$\leqslant$0,01	11	П3	2
45	0,45	— 2	0,5	0,5	—	—	—	—	3	Б2	1
45	0,45	— 2	0,42	0,5	—	—	—	—	3	Б5	1
45	$\leqslant$0,45	— 2	0,4	0,2	0,05	6	3	0,3	3	Б2	1
70	0,55	— 0,5	0,95	1,0	0,5	5,45	8,1	0,02	30	С17	3
45	0,5	0	1,25	0,7	1,0	5,3	4,9	0,015	без ручки 45	Л2	4

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
2Ж27П	—	Пальчиковый пентод прямого накала с короткой характеристикой, в стеклянном баллоне с гибкими выводами, анод—верхний вывод; усиление напряжения ВЧ (до 120 *Мгц*)	2,2	0,057	120	1,9
2Ж28Л	—	Высокочастотный пентод с короткой характеристикой прямого накала, в стеклянном баллоне на плоской ножке, с внешним металлическим экраном; усиление напряжения ВЧ (до 120 *Мгц*)	2,3	0,028	120	1,9
—	2К2М	Высокочастотный пентод прямого накала с удлиненной характеристикой, в стеклянном металлизированном баллоне, управляющая сетка — вывод-колпачок сверху; усиление напряжения ВЧ	2,0	0,06	120	1,9
2П1П	—	Пальчиковый выходной лучевой тетрод прямого накала; усиление мощности НЧ	1,2 2,4	0,120 0,060	90	9,5
2П2П	—	Пальчиковый выходной лучевой тетрод прямого накала; усиление мощности НЧ	1,2 2,4	0,06 0,03	60	3,5
—	2П9М	Высокочастотный лучевой тетрод прямого накала, в стеклянном баллоне; усиление мощности и генерирование колебаний ВЧ	2	1,0	250	35
2П29Л	2П29	Маломощный генераторный пентод прямого накала в стеклянном баллоне на плоской ножке с внешним металлическим экраном; усиление мощности и генерирование колебаний ВЧ (до 120 *Мгц*)	2,2	0,122	160	10

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
45	0,5	0	1,0	1,6	1,0	4,5	2,0	0,015	12	П11	5
45	0,5	0	1,2	1,8	1,0	5,4	4,85	0,015	без ручки 45	Л2	4
70	0,55	— 0,5	0,95	1	0,5	5,45	8,1	0,02	30	С17	3
90	2,2	— 4,5	2,0	0,09	—	5,5	4,0	$\leqslant 0{,}5$	—	П3	6
60	0,8	— 3,5	1,1	0,12	0,4	3,7	3,8	0,4	10	П3	6
150	1,5	— 6	2,5	0,04	8,0	8,5	8,5	1,0	52	С13	7
120	2	— 5,5	1,9	0,08	2,0	4,3	5,5	0,055	без ручки 45	Л2	4

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
2П29П	—	Пальчиковый маломощный генераторный пентод прямого накала, в стеклянном баллоне с гибкими выводами, анод — вывод сверху; усиление мощности и генерирование колебаний ВЧ (до 120 *Мгц*)	2,2	0,11	120	3
4Ж1Л	—	Универсальный пентод косвенного накала с короткой характеристикой, в стеклянном баллоне на плоской ножке, с внешним металлическим экраном; усиление напряжения и мощности и генерирование колебаний ВЧ (до 200 *Мгц*)	4,2	0,225	150	6,8
4П1Л	—	Генераторный пентод прямого накала, в стеклянном баллоне на плоской ножке; генерирование колебаний и усиление мощности ВЧ (до 100 *Мгц*)	2,1 4,2	0,65 0,325	150	35
6Ж1Б	—	Сверхминиатюрный высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,2	120	7,5
6Ж1Ж	954	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; анод — вывод сверху; управляющая сетка — вывод снизу; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,15	250	2,75
6Ж1Л	—	Универсальный пентод косвенного накала с короткой характеристикой, в стеклянном баллоне на плоской ножке, с внешним металлическим экраном; усиление напряжения и мощности и генерирование колебаний (до 200 *Мгц*)	6,3	0,15	150	2

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
45	1	0	1,7	—	1,0	4,85	2	0,015	12	П11	5
75	0,7	0	2,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	35	Л1	8
150	65	— 7	6	0,11	7,5	8,5	9,4	0,1	30	Л3	9
120	3,5	— 1,5	4,8	0,5	1,0	4,8	3,8	0,03	3,5	Б4	10
100	0,7	— 3	1,6	1,2	0,55	3,5	3	0,018	15	Ж2	11
75	—	— 2,35	1,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	40	Л1	8

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
6Ж1П	—	Пальчиковый высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; широкополосное усиление напряжения ВЧ	6,3	0,175	120	7,5
6Ж2Б	—	Сверхминиатюрный высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; формирование импульсов	6,3	0,2	120	5,5; макс 12
6Ж2П	—	Пальчиковый высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; широкополосное усиление напряжения ВЧ и преобразование частоты	6,3	0,175	120	5,5
6Ж3	6SH7	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	10,8
6Ж3П	6АЖ5	Пальчиковый высокочастотный тетрод косвенного накала с пентодной характеристикой; широкополосное усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	7,0
6Ж4	6АС7	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ в широкополосных усилителях	6,3	0,45	300	10 25
6Ж4П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	125	7,2
6Ж5П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,45	300	10

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	S, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер поколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
120	3,2	— 1,7	5,2	0,1 ÷ 0,3	1,8	4,35	2,45	0,025	15	П2	12
120	2,6	— 2,0	3,2	0,16	0,9	4,9	4,1	0,03	3,5	Б4	13
120	2,3	— 1,8	3,7	0,075 ÷ ÷ 0,350	1,8	4,5	2,5	0,02	15	П2	14
150	4	— 1	4,9	0,4	3,3	8,5	7,0	0,003	45	2	15
150	2,0	— 1,8	5,0	0,6	2,5	6,5	1,5	≤0,025	12	П3	12
150	2,2	— 1,8	9,0	—	3,3	11	5	0,015	43	2	16
125	2,1	0,7	5,1	0,5	2,5	6,5	1,5	≤0,025	15	П4	19
150	2,0	1,6	9,0	0,5	3,6	10	2,5	0,04	12	П3	12

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
6Ж6С	—	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,5	250	10
6Ж7	6J7	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; сетка — вывод-колпачок сверху; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	2,1
6Ж8	6SJ7	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	3
6Ж9П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала; усиление ВЧ	6,3	$\leqslant$ 0,32	150	20
6Ж10П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала; усиление ВЧ	6,3	$\leqslant$ 0,32	200	6,5
6Ж11П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала; усиление ВЧ	6,3	0,45	150	25
6Ж21П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала для усиления напряжения в широкополосных усилителях и для формирования миллимикросекундных импульсов. Имеет катодную сетку при напряжении 12,6 *в* и токе 35 *ма*	6,3	0,35	150	17
6Ж22П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала для усиления напряжения в широкополосных усилителях и для формирования миллимикросекундных импульсов. Имеет катодную сетку при напряжении 12,6 *в* и токе 65 *ма*	6,3	0,5	150	30
6К1Ж	956	Высокочастотный пентод типа «желудь» косвенного накала с удлиненной характеристикой; анод — вывод сверху, управляющая сетка — вывод снизу; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,15	250	6,65

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
100	2,5	— 2,4	7,5	2,0	2,5	9,5	6,25	≤ 0,03	30	С20	17
100	0,6	— 3	1,225	1,2	0,8	7	12	0,005	44	5	17
100	0,8	— 3	1,65	—	2,8	6	7	0,005	42	2	18
150	≤ 4,5	автом. — 1,5	22	0,15	3	8,8	3,4	0,03	15	П6	28
100	3,5	автом. — 0,75	9,5	0,1	3	8,8	5,5	0,02	15	П6	28
150	≤ 8	автом. — 1,5	28	0,034	4,9	14,5	4,5	0,04	17	П7	28
150	5	— 1,1	17	0,06	3	5,9	1,9	0,03	15	П7	29
150	7,5	— 1,2	30	0,06	5,5	9	2,4	0,05	20	П8	29
100	2,7	— 3	1,85	0,45	1,8	3	3	0,009	15	Ж2	11

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
6К1Л	—	Пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой, в стеклянном баллоне на плоской ножке, с внешним металлическим экраном; усиление напряжения и мощности ВЧ (до 200 *Мгц*)	6,3	0,15	150	3
6К1П	9003	Пальчиковый высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,15	250	6,65
6К3	6SK7	Высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	9,25
6К4	6SG7	Высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	11,8
6К4П	6К2П, Л-104	Пальчиковый высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	11
—	6К7	Высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; управляющая сетка — вывод-колпачок сверху; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	7
6К9С	—	Высокочастотный пентод косвенного накала с удлиненной характеристикой; усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	225
6П1П	—	Пальчиковый выходной лучевой тетрод косвенного накала; усиление мощности НЧ	6,3	0,45	250	45
6П3С	6П3	Выходной лучевой тетрод косвенного накала; усиление мощности НЧ	6,3	0,9	250	72
6П6С	6V6	Выходной лучевой тетрод косвенного накала; усиление мощности НЧ	6,3	0,45	250	45

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
75	0,9	— 2,35	1,3	0,75	1,0	3,85	4,2	0,007	40	Л1	8
100	2,7	— 3	1,85	0,45	1,8	3,4	3,0	0,01	12	П1	12
100	2,5	— 3	2,0	2,0	4,4	6	7	0,003	45	2	16
125	4,4	— 1	4,7	0,9	3,3	8,5	7	0,005	45	2	15
100	4,2	— 1	4,4	1,5	—	5,5	5,0	0,0035	—	П3	19
100	1,65	— 3	1,45	0,7	3,0	7	12	0,005	44	5	17
100	2,5	— 3	2	0,8	4,4	4,75	11	$\leqslant$0,005	30	С20	17
250	7	— 12,5	4,5	0,05	12,0	7,8	5,7	0,95	16	П8	21
250	8	— 14	6	0,03	20,5	11	8,2	1	70	С15	22
250	7,5	— 12,5	4,1	0,05	13,2	9,5	9,5	0,9	38	С5	22

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
6П7С	6П7	Выходной лучевой тетрод косвенного накала; анод — вывод-колпачок сверху; работа в выходных каскадах генераторов развертки телевизионных устройств	6,3	0,9	250	72
6П9	6АГ7	Выходной пентод косвенного накала; усиление мощности в широкополосных усилителях	6,3	0,65	300	30
6П13С	—	Лучевой тетрод косвенного накала; усиление строчной развертки в телевизорах	6,3	1,3	200	60
6П14П	—	Пальчиковый выходной пентод косвенного накала; усиление мощности НЧ	6,3	0,76	250	48
6П15П	—	Пальчиковый пентод косвенного накала; широкополосное усиление мощности	6,3	0,76	300	150
6Э5П	—	Пальчиковый тетрод косвенного накала для широкополосного усиления напряжения и мощности	6,3	0,6	150	45
7Ж12С	ТО-3	Высокочастотный пентод косвенного накала с короткой характеристикой; управляющая сетка — вывод-колпачок сверху; усиление мощности НЧ в устройствах дальней проводной связи	7,35	0,425	250	5,5
7П12С	ТО-4	Выходной пентод косвенного накала; управляющая сетка — вывод-колпачок сверху; усиление мощности НЧ в устройствах дальней проводной связи	7,35	0,85	135	31
10Ж1Л	—	Универсальный пентод; аналогичен по характеристикам 4Ж1Л	10	0,093	150	6,8

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S*, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
250	8	— 14	5,9	0,03	20,0	11,5	6	0,6	72	С26	23
150	6,5	— 3	11,7	0,15	9,0	13	7,5	0,06	47	3	24
200	⩽ 8	— 19	8,5	0,025	14	18,5	6,5	⩽ 0,5	45	С22	23
250	⩽ 7	— 6	11	0,02	12	11	7	0,2	20	П10	20
150	4,5	— 2,25	14,7	0,1	12	13,5	7	⩽ 0,07	20	П10	27
150	15	автом. — 1,5	30,5	0,008	8,3	16	2,85	0,75	20	П9	30
135	1,05	— 3	1,85	0,8	1,9	6,1	15,0	0,04	60	С25	25
135	7	— 15	2,85	0,04	8,0	7,7	9,75	0,5	60	С24	26
75	0,7	0	2,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	35	Л1	8

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод	
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*
10Ж3Л	—	Универсальный пентод косвенного накала с короткой характеристикой, в стеклянном баллоне на плоской ножке, с внешним металлическим экраном; усиление напряжения и мощности, генерирование колебаний ВЧ (до 200 *Мгц*) в устройствах дальней проводной связи при последовательно включенном накале	10	0,093	150	6,8
10Ж12С	ТО-1	Высокочастотный пентод; по характеристикам аналогичен 7Ж12С	10 ± 1	0,32	250	5,5
10П12С	ТО-2	Высокочастотный пентод; по характеристикам аналогичен 7П12С	10	0,64	135	31
12Ж1Л	—	Универсальный пентод; по характеристикам аналогичен 4Ж1Л	12,6	0,075	150	6,8
12Ж3Л	—	Универсальный пентод; по характеристикам аналогичен 10Ж3Л	12,6	0,074	150	6,8
12Ж8	12SJ7	Высокочастотный пентод; по характеристикам аналогичен 6Ж8	12,6	0,15	250	3
12К3	12SK7	Высокочастотный пентод с удлиненной характеристикой; аналогичен по характеристикам 6Ж8	12,6	0,15	250	9,25
12К4	12SG7	Высокочастотный пентод с удлиненной характеристикой; аналогичен по характеристикам 6К4	12,6	0,15	250	11,8
30П1С	30П1М	Выходной лучевой тетрод косвенного накала; усиление мощности НЧ	30	0,3	110	70

Продолжение

Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	S, *ма/в*	R_i, *Мом*	Рассеиваемая мощность, *вт*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
75	0,7	0	1,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	35	Л1	8
135	1,05	— 3	1,85	0,8	1,9	6,1	15,0	0,04	60	С25	25
135	7	— 15	2,85	0,01	8,0	7,7	9,75	0,5	60	С24	26
75	0,7	0	2,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	35	Л1	8
75	0,7	0	1,5	1,0	2,0	4,0	4,2	0,007	35	Л1	8
100	0,8	— 3	1,65	—	2,8	6	7	0,005	42	2	18
100	2,5	— 3	2,0	2,0	4,4	6	7	0,003	45	2	16
125	4,4	— 1	4,7	0,9	3,3	8,5	7	0,005	45	2	15
110	12	— 7,5	10	—	7,0	19	11	1,5	46	С10	22

Таблица 8-36. Гептоды

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Сетки вторая и четвертая		Смещение третьей сетки, *в*	*S* преобразователя, *ма/в*	*S* гетеродина, *ма/в*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*	Напряжение, *в*	ток, *ма*				входная	выходная	проходная			
1А1П	—	Гептод-преобразователь прямого накала; преобразование частоты	1,2	0,06	90	0,64	45	—	0	0,25	0,825	7	7	0,4	—	П3	1
6А2П	Л-9 / 6ВЕ6	Гептод-преобразователь косвенного накала; преобразование частоты	6,3	0,3	250	3	100	7	— 1,5	0,47	6	7	8,6	0,3	—	П3	2
6А7	6SA7	Гептод-преобразователь косвенного накала; преобразование частоты	6,3	0,3	250	3,5	100	9	0	0,45	4,7	9,5	12	0,13	45	1	3
6А10С	6А10	Гептод-преобразователь косвенного накала; преобразование частоты	6,3	0,3	250	3,5	100	9	0	0,45	4,7	9	10	0,13	—	С11	4

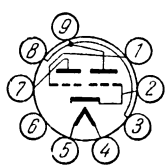
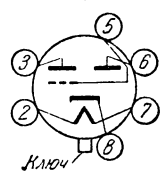
Таблица 8-37. Диод-пентоды

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Экранирующая сетка		Смещение управляющей сетки, *в*	*S* пентода, *ма/в*	Наибольший выпрямленный ток каждого диода, *ма*	Наибольшее напряжение между катодом и подогревателем, *в*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *ма*	напряжение, *в*	ток, *ма*					входная	выходная	проходная			
1Б1П	—	Пальчиковый прямого накала; детектирование и предварительное усиление напряжения НЧ	1,2	0,06	67,5	1,6	67,5	0,35	0	0,625	0,25	—	—	—	—	—	П3	1
6Б2П	—	Пальчиковый косвенного накала; детектирование и усиление напряжения ВЧ	6,3	0,3	250	6,5	100	1,6	—1,5	2,7	—	—	4,2	4,1	0,008	—	П3	2
6Б8С	6Б8М	Косвенного накала, управляющая сетка — вывод колпачок сверху; детектирование и усиление ВЧ	6,3	0,3	250	10,0	125	2,45	— 3	1,35	1,0	100	4	9	0,08	35	С18	3

Таблица 8-38. Двойные диод-триоды

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Анод		Смещение сетки, *в*	*S*, *мА/в*	μ	Наибольшая мощность рассеиваемая анодом триода, *вт*	Наибольший выпрямленный ток каждого анода, *мА*	Наибольшее напряжение между подогревателем и катодом, *в*	Вес, *г*	Габаритный чертеж	Номер цоколевки
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *мА*									
6Г1	6SR7	Косвенного накала; детектирование и усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	9,5	—9	1,9	16	2,75	1,0	100	40	2	1
6Г2	6SQ7	Косвенного накала; детектирование и усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	1,15	—2	1,10	100	—	1,0	100	40	2	1
—	6Г7	Косвенного накала, сетка — анод-колпачок сверху; детектирование и усиление напряжения НЧ	6,3	0,3	250	1,4	—3	1,3	70	1	1,0	100	45	4	2
12Г1	12SR7	По характеристикам аналогичен 6Г1	12,6	0,15	250	9,5	—9	1,9	16	2,75	1,0	100	40	2	1
12Г2	12SQ7	По характеристикам аналогичен 6Г2	12,6	0,15	250	1,15	—2	1,10	100	—	1,0	100	40	2	1

Таблица 8-39. Электронно-лучевые индикаторы настройки

Параметры	Обозначение	
	6Е1П	6Е5С
Напряжение накала, *в*	6,3	6,3
Ток накала, *а*	0,3	0,3
Напряжение анода, *в* .	100	250
Ток анода, *ма*	2,0	5,3
Напряжение кратера, *в*	250	250
Ток кратера, *ма* . . .	$\leqslant 4$	$\leqslant 5$
Напряжение сетки, *в* .	-2	-4
Напряжение сетки при угле темного сектора не более 5°, *в*	—	$-8{,}25$
Крутизна характеристики, *ма/в*	0,5	1,2
Коэффициент усиления	24	24
Вес наибольший, *г* . .	—	42
Цоколевка		
Габаритный чертеж . .	П9	С12

§ 8-9. Полупроводниковые приборы

Таблица 8-40. Германиевые точечные выпрямительные диоды

Предназначены для использования в измерительной аппаратуре в каналах детектирования частотной и амплитудной модуляции, для преобразования и выпрямления переменного тока высокой частоты (до 150 *Мгц*). Представляют собой определенным образом обработанный металлический германий в контакте с пружиной из вольфрама, смонтированные в стеклянном корпусе; полярность обозначена на выводах; германий является катодом (—), вольфрам — анодом (+).

Длина диода (без гибких выводов) 16 *мм*, диаметр корпуса 5 *мм*, вес не более 1,3 *г*. Проходная емкость (анод-катод) не более 1 *пф*.

Электрические данные, приведенные в таблице 8-40, соответствуют температуре 15 ÷ 25° С. Прямой ток при напряжении 1 *в* определяет среднюю крутизну характеристики диода в прямом направлении. Обратное рабочее напряжение указано для Д2Б при обратном токе 0,1 *ма*, а для всех остальных при 0,25 *ма*.

Таблица 8-40

Обозначение	Средний выпрямленный ток, *ма*	Прямой ток (при напряжении 1 *в*), *ма*	Наибольшая амплитуда выпрямленного тока, *ма*	Наибольшая амплитуда обратного напряжения, *в*	Обратное пробивное напряжение, *в*
Д2А	50	50	150	10	15
Д11	20	100	60	30	—
Д2Б	16	5 ÷ 10	50	30	45
Д12	20	100	60	50	—
Д2В	25	10	75	40	60
Д12А	20	100	60	50	—
Д2Г	16	2 ÷ 5	50	75	100
Д13	20	100	60	75	—
Д2Д	16	5 ÷ 10	50	75	100
Д14	20	300	60	100	—
Д2Е	16	2 ÷ 10	50	125	150
Д14А	20	100	60	100	—
Д2Ж	8	2 ÷ 10	25	175	200
Д2И	16	2 ÷ 5	50	125	150

Таблица 8-41. Германиевые плоскостные выпрямительные диоды

Предназначены для выпрямления переменного тока с частотой не более 50 *кгц*. Представляют собой пластину монокристалла германия, обработанную определенным образом и так, что она имеет разную проводимость с разных сторон: с одной стороны электронную (*n*), с другой «дырочную» (*p*). Поверхность раздела областей с разной проводимостью образует $p - n$-переход. Площадь $p - n$-перехода плоскостного диода значительно больше площади контакта точечного диода, соответственно этому и мощность плоскостных диодов значительно больше. Пластина с *p*-проводимостью является анодом, а пластина с *n*-проводимостью — катодом. Каждый диод смонтирован в металлическом патроне со стеклянным изолятором на одном конце, через который выведен анод (+); катод (—) выведен на противоположном конце патрона и от корпуса не изолирован. Длина корпуса 21 *мм*, диаметр 7,3 *мм*, вес диода не более 2,1 *г*.

Интервал температур окружающего воздуха — 60 ÷ 70° С. Электрические данные в таблице 8-41 соответствуют температуре 15 ÷ 25° С.

Допустимая наибольшая амплитуда тока для всех диодов при включении и других переходных процессах может достигать 25 *а*, если перегрузка длится не более 0,1 *сек*.

Таблица 8-41

Обозначение	Наибольший выпрямленный ток [1], *а*	Наибольшее обратное напряжение, *в*	Наибольший обратный ток, *ма*	Наименьшее пробивное напряжение, *в*
ДГ-Ц21	0,3	50	0,5	75
ДГ-Ц22	0,3	100	0,5	150
ДГ-Ц23	0,3	150	0,5	225
ДГ-Ц24	0,3	200	0,5	300
ДГ-Ц25	0,1	300	0,3	450
ДГ-Ц26	0,1	350	0,3	525
ДГ-Ц27	0,1	400	0,3	600

Примечание к табл. 8-41. [1]) Ток, указанный во второй графе, соответствует также наименьшему прямому току при напряжении 0,5 *в* для диодов от ДГ-Ц21 до ДГ-Ц24 включительно и при напряжении 0,3 *в* для остальных диодов.

За время подготовки данного справочника к изданию номенклатура выпрямительных диодов значительно расширилась. Появились германиевые плоскостные диоды Д302, Д303, Д304 и Д305, рассчитанные на выпрямленные токи 1, 3, 5 и 10 *а*, соответственно.

Наибольшая амплитуда обратного напряжения у диода Д302—200 *в*, у диода Д305—50 *в*.

Устойчиво работают при повышенных температурах до +120° С серийно выпускаемые промышленностью кремниевые выпрямительные диоды десяти типов Д202 ÷ Д211. Эти выпрямительные диоды позволяют получать выпрямленные токи до 0,4 *а* при допустимой амплитуде обратного напряжения от 100 до 600 *в*.

Таблица 8-42. Полупроводниковые диоды сантиметрового диапазона

Используются для детектирования и преобразования колебаний СВЧ. Кристаллы изготовлены из определенным образом обработанного германия или кремния. Смонтированы в керамическом патроне.

Приведенные в таблице 8-42 *потери преобразования* смесительных диодов характеризуют выраженное в децибелах отношение мощности радиочастоты, подведенной к диоду, к мощности промежуточной частоты, отдаваемой нагрузке.

Чувствительность по току [*а/вт*] определяется отношением выпрямленного тока к подведенной к детектору мощности при достаточно малом уровне сигнала и при сопротивлении нагрузки много меньшем, чем выходное сопротивление детектора.

Фактор шумов — отношение мощности шумов детектора к мощности тепловых шумов активного сопротивления, равного внутреннему сопротивлению детектора.

Таблица 8-42

Обозначение	Тип и назначение	Наибольшие потери преобразования, *дб*	Наименьшая чувствительность по току, *а/вт*	Наибольшая подводимая мощность в имп., *мвт*	Фактор шумов	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
						длина	диаметр	
ДГ-С1	Германиевый смесительный диод; для преобразования частоты десятисантиметрового диапазона волн	8,5	—	—	3	12,5	4,2	0,7
ДГ-С2	Германиевый смесительный диод повышенной чувствительности; для преобразования частоты десятисантиметрового диапазона волн	6,5	—	—	3	12,5	4,2	0,7
ДГ-С3	Германиевый смесительный диод; для преобразования частоты трехсантиметрового диапазона волн	8,5	—	—	3	12,5	4,2	0,7
ДГ-С4	Германиевый смесительный диод повышенной чувствительности; для преобразования частоты трехсантиметрового диапазона волн	6,5	—	—	3	12,5	4,2	0,7
ДК-В1	Кремниевый приемный диод; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления десятисантиметрового диапазона волн	—	0,8	50	—	12,5	4,2	0,7

Продолжение

Обозначение	Тип и назначение	Наибольшие потери преобразования, *об*	Наименьшая чувствительность по току, *а/вт*	Наибольшая подводимая мощность в имп., *квт*	Фактор шумов	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
						длина	диаметр	
ДК-В2	Кремниевый приемный диод повышенной чувствительности; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления десятисантиметрового диапазона волн	—	1,2	50	—	12,5	4,2	0,7
ДК-В3	Кремниевый приемный диод; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления трехсантиметрового диапазона волн	—	0,4	50	—	12,5	4,2	0,7
ДК-В4	Кремниевый приемный диод повышенной чувствительности; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления трехсантиметрового диапазона волн	—	0,8	50	—	12,5	4,2	0,7
ДК-В5	Кремниевый приемный диод низкоомный; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления десятисантиметрового диапазона волн	—	0,8	50	—	21,5	6,35	3
ДК-В6	Кремниевый приемный диод высокоомный; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления десятисантиметрового диапазона волн	—	0,8	50	—	21,5	6,35	3

Продолжение

Обозначение	Тип и назначение	Наибольшие потери преобразования, *об*	Наименьшая чувствительность по току, *а/вт*	Наибольшая подводимая мощность в имп., *мвт*	Фактор шумов	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
						длина	диаметр	
ДК-В7	Кремниевый приемный диод; для детектирования во входных устройствах приемников прямого усиления трехсантиметрового диапазона волн	—	0,8	50	—	21,5	6,35	3
ДК-И1	Кремниевый измерительный диод; для индикации высокой частоты в измерительной аппаратуре десятисантиметрового диапазона волн	—	0,5	50	—	21,5	6,35	3
ДК-И2	Кремниевый измерительный диод; для индикации высокой частоты в трехсантиметровом диапазоне волн	—	0,2	50	—	21,5	6,35	3
ДК-С1	Кремниевый смесительный диод; для преобразования частоты в десятисантиметровом диапазоне волн	8,5	—	—	2,7	21,5	6,35	3
ДК-С2	Кремниевый смесительный диод повышенной чувствительности; для преобразования частоты в десятисантиметровом диапазоне волн	6,5	—	—	2	21,5	6,35	3
ДК-С3	Кремниевый смесительный диод; для преобразования частоты в трехсантиметровом диапазоне волн	8,5	—	—	2,7	21,5	6,35	3

Германиевые точечные триоды (транзисторы) *). Используются при усилении и генерировании колебаний. Точечный триод представляет собой определенным способом обработанную пластинку монокристалла германия и два точечных контакта, образованных острыми концами бронзовых проволочек, соприкасающихся с плоскостью германия на расстоянии нескольких десятков микрон друг от друга. Противоположная сторона пластинки германия металлизируется и соединяется с металлическим патроном, в котором монтируется триод. Этот вывод от пластинки германия (корпус триода), называемый *базой* или *основанием*, по действию аналогичен управляющей сетке трехэлектродной лампы. Точечные контакты выводятся с одного конца патрона и называются эмиттером и коллектором. Эмиттер аналогичен катоду, а коллектор — аноду трехэлектродной радиолампы.

Габаритный чертеж и схема расположения выводов (*э* — эмиттер, *к* — коллектор, *б* — база) кристаллических точечных триодов приведены на рис. 8-29; указаны наибольшие размеры в *мм*. Вес триода 2,5 *г*.

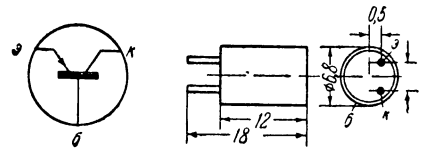


Рис. 8-29.

Интервал рабочих температур $-50 \div +50°$ С, однако при температурах окружающей среды свыше $+40°$ С напряжение на коллекторе и рассеиваемая им мощность должны снижаться.

Входное сопротивление $r_{вх}$ — дифференциальное сопротивление между эмиттером и базой при постоянном токе коллектора, $r_{вх} = r_э + r_б$.

Выходное сопротивление $r_{вых}$ — дифференциальное сопротивление между коллектором и базой при постоянном токе эмиттера, $r_{вых} = r_к + r_б$.

Сопротивление обратной связи (сопротивление базы) $r_б$ — отношение приращения напряжения между эмиттером и базой к приращению тока коллектора при постоянном токе базы.

Коэффициент усиления по току α — отношение приращения тока коллектора к приращению тока эмиттера при постоянном напряжении на коллекторе относительно базы.

Коэффициент усиления по мощности K_P — отношение колебательной мощности, выделяемой в нагрузке, к полезной мощности источника входного сигнала.

Плоскостные триоды (транзисторы). Плоскостные транзисторы развиваются в последнее время особенно бурно; выпускаются все новые специализированные типы плоскостных транзисторов на разные области частот и на разные выходные мощности. В связи с этим в данный раздел на всех стадиях подготовки III тома Справочника к изданию вносились серьезные изменения. Однако и с учетом сделанных уточнений и изменений Справочник не в состоянии отразить в полной мере эту бурно развивающуюся область радиоэлектроники.

Плоскостные транзисторы используются для усиления электрических колебаний от низких частот до частот в несколько десятков *Мгц* и для генерирования электрических колебаний до частот свыше 100 *Мгц*.

*) Характеристики германиевых точечных триодов приведены в таблице 8-43.

Таблица 8-43. Характеристики германиевых точечных триодов

Обозначение	Основное назначение	$r_{вх}$, *ом* (не более)	$r_{вых}$, *ком* (не менее)	$r_б$, *ом* (не более)	α (не менее): низкая частота	α (не менее): макс. частота	K_P, *дб*	Отрицательное напряжение коллектора, *в*	Наибольшая мощность, рассеиваемая коллектором, *мвт*
С1А	Усиление сигналов до 0,5 *Мгц*	750	7	200	1,2	1,0	15 ÷ 19	20	100
С1Б	То же до 0,5 *Мгц*	750	7	200	1,5	1,2	18 ÷ 22	20	50
С1В	» » » 1,5 *Мгц*	750	7	200	1,5	1,2	15 ÷ 19	20	100
С1Г	» » » 1,5 *Мгц*	750	7	200	1,5	1,2	18 ÷ 22	20	50
С1Д	» » » 5 *Мгц*	750	7	200	1,5	1,2	15 ÷ 22	20	50
С1Е	» » » 10 *Мгц*	750	7	200	1,5	1,2	⩾ 15	20	50
С2А	Генерирование колебаний до 0,5 *Мгц*	1500	7	1000	1,5	1,2	—	10	100
С2Б	» » » 1,5 *Мгц*	1500	7	700	1,6	1,5	—	10	50
С2В	» » » 5 *Мгц*	1500	7	1000	1,6	1,5	—	10	50
С2Г	» » » 10 *Мгц*	1500	7	1000	1,6	1,5	—	10	50

Представляют собой тонкую пластинку монокристалла германия или кремния, обработанную специальным образом так, что внутренняя часть пластинки имеет проводимость одного типа: электронную (*n*) или дырочную (*p*), а обе внешние — противоположного типа (*p*) или (*n*). Одна из внешних сторон монокристалла служит *эмиттером*, противоположная — *коллектором*, а средняя часть является *основанием* (или *базой*). В первом случае образуется транзистор *pnp*, во втором — *npn*.

Обозначения: α — коэффициент усиления транзистора по току; $\nu_{макс}$ — предельная частота усиления по току; G — коэффициент усиления по мощности; F — коэффициент шумов; $P_{макс}$ — наибольшая допустимая рассеиваемая мощность на коллекторе; $T^{\circ}_{к}$ С — интервал допустимых температур коллектора.

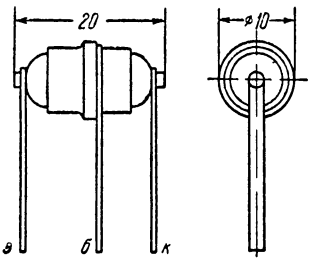


Рис. 8-30.

Маломощные германиевые сплавные транзисторы *pnp* и *npn* П1, П5, П8 ÷ П11, П12 ÷ П15, П19, П406 ÷ П409 служат для усиления и генерирования колебаний низкой и промежуточной частоты.

Транзисторы П1. Типа *pnp*; $\alpha = 0{,}93 \div 0{,}97$ на частоте 100 *кгц*;

$$\nu_{макс} \geq 1{,}5\ Мгц; \quad P_{макс} = 50\ мвт.$$

Габаритный чертеж приведен на рис. 8-30, где *э* — эмиттер, *к* — коллектор, *б* — база; размеры (наибольшие) даны в *мм*.

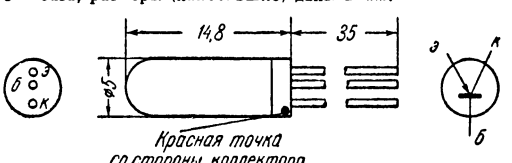


Рис. 8-31.

Транзисторы П5. Типа *pnp*; выпускается в пяти модификациях П5А, П5Б, П5В, П5Г, П5Д

$$\alpha = 0{,}93 \div 0{,}99; \quad \nu_{макс} \geq 300\ кгц;$$

$$F = 7 \div 15\ дб; \quad P_{макс} = 25\ мвт; \quad T_{к} = -60 \div +50^{\circ}\ С.$$

Оформлены транзисторы П5 в стеклянном миниатюрном баллоне. Габаритный чертеж транзисторов П5 приведен на рис. 8-31; размеры (наибольшие) указаны в *мм*.

Транзисторы П8 ÷ П11. Типа *npn*;

$$P_{макс} = 150\ мвт; \quad T_{к} = -60 \div +100^{\circ}\ С.$$

Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32; размеры (наибольшие) указаны в *мм*. П8 имеет

$$\alpha = 0{,}90; \quad \nu_{макс} \geq 100\ кгц; \quad G = 36; \quad F = 15\ дб.$$

П9 имеет

$$\alpha = 0{,}92; \quad \nu_{макс} \geq 465\ кгц; \quad Q = 36; \quad F = 5\ дб.$$

П10 имеет

$$\alpha = 0{,}95; \quad \nu_{макс} \geq 1\ Мгц; \quad Q = 40; \quad F = 12\ дб.$$

П11 имеет

$$\alpha = 0{,}95; \quad \nu_{макс} \geq 1{,}6\ Мгц; \quad Q = 40; \quad F = 12\ дб.$$

Транзисторы П12. Типа *pnp*;

$$\alpha \geq 0{,}95; \quad \nu_{макс} \geq 5\ Мгц;$$

$$P_{макс} = 30\ мвт; \quad T_к = -60 \div +85°\ С.$$

Наибольшие размеры без выводов $12 \times 9 \times 5$ *мм*.

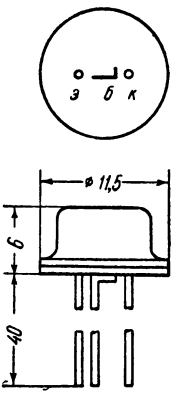


Рис. 8-32.

Транзисторы П13. Типа *pnp*; выпускается в трех модификациях П13, П13А и П13Б.

$$\alpha = 0{,}92 \div 0{,}97; \quad \nu_{макс} \geq 465\ кгц;$$

$F \leq 33\ дб$, у П13Б $F \leq 12\ дб$;

$$P_{макс} = 150\ мвт; \quad T_к = -60 \div +100°\ С.$$

Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32.

Транзисторы П14, П15. Типа *pnp*;

$$\alpha \geq 0{,}95; \quad \nu_{макс} \geq 1\ Мгц \text{ у П14},$$

$$\nu_{макс} \geq 2\ Мгц \text{ у П15};$$

$$F \leq 33\ дб; \quad P_{макс} = 150\ мвт;$$

$$T_к = -60 \div +100°\ С.$$

Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32.

Транзисторы П19. Сверхминиатюрный, типа *pnp*;

$$\alpha \geq 0{,}95; \quad \nu_{макс} \geq 5\ Мгц;$$

$$P_{макс} = 30\ мвт; \quad T_к = -60 \div +90°\ С.$$

Наибольшие размеры без выводов $\oplus 4 \times 7$ *мм*.

Транзисторы П406, П407. Типа *pnp*; $\alpha \geq 0{,}95$; $\nu_{макс} \geq 10\ Мгц$ у П406 и $\nu_{макс} \geq 20\ Мгц$ у П407;

$$P_{макс} = 30\ мвт; \quad T_к = -60 \div +85°\ С.$$

Наибольшие размеры без выводов $12 \times 9 \times 5$ *мм*.

Транзисторы П408, П409. Сверхминиатюрные, типа *pnp*; $\alpha \geq 0{,}95$; $\nu_{макс} \geq 10\ Мгц$ у П408 и $\nu_{макс} \geq 20\ Мгц$ у П409; $F = 5\ дб$;

$$P_{макс} = 30\ мвт; \quad T_к = -60 \div +90°\ С.$$

Наибольшие размеры без выводов $\oplus 4 \times 7$ *мм*.

Маломощные кремниевые сплавные транзисторы *прп* и *pnp* (П101 ÷ П106). Служат для усиления и генерирования колебаний низкой и промежуточной частоты.

Транзисторы П101, П101А, П102, П103. Типа *прп*; $\alpha = 0{,}90 \div 0{,}97$; $\nu_{макс} \geq 200\ кгц$ у П101 и П101А, $\nu_{макс} \geq 465\ кгц$ у П102 и $\nu_{макс} \geq 1\ Мгц$ у П103; $F \leq 25\ дб$, а у П101А $F \leq 15\ дб$; $P_{макс} = 150\ мвт$ при температуре окружающей среды не выше $+75°$ С; $T_к = -60 \div +150°$ С. Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32.

Транзисторы П104, П105, П106. Типа *pnp*; $\alpha = 0{,}92 \div 0{,}95$; $\nu_{макс} \geq 100\ кгц$ у П104, $\nu_{макс} \geq 200\ кгц$ у П105, $\nu_{макс} \geq 465\ кгц$ у П106; $P_{макс} = 150\ мвт$ при температуре окружающей среды не выше $+75°$ С. Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32.

Маломощные германиевые диффузионные транзисторы (П401, П402, П403, П403А). Служат для усиления и генерирования колебаний высокой частоты.

$\alpha = 0{,}94 \div 0{,}97$; $\nu_{макс} \geq 30$ *Мгц* у П401, $\nu_{макс} \geq 60$ *Мгц* у П402 и $\nu_{макс} \geq 120$ *Мгц* у П403 и П403А при генерировании колебаний; $P_{макс} = 100$ *мвт*; $T_к = -60 - +85°$ С. Габаритный чертеж приведен на рис. 8-32.

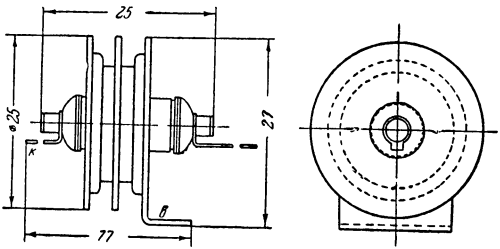


Рис. 8-33.

Германиевые сплавные транзисторы *pnp* (П3, П4, П201 ÷ П203, П207 ÷ П210). Служат для усиления мощности низкой частоты (параметры соответствуют схеме с заземленным эмиттером).

Транзисторы П3А, П3Б, П3В. $\alpha \geq 2$; G равно 17, 20 и 25 *дб* соответственно у П3А, П3Б и П3В; $P_{макс} = 1{,}0$ *вт*, а с радиатором 3,5 *вт*; $T_к = -60 \div +50°$ С. Оформлен в металлическом патроне с радиатором и стеклянными изоляторами. Габаритный чертеж приведен на рис. 8-33.

Транзисторы П4А, П4Б, П4В, П4Г, П4Д. Транзисторы П4Б и П4В наиболее пригодны для использования в схемах преобразования постоянного тока (вместо вибропреобразователей).

$\alpha = 8 \div 20$; $G = 20 \div 27$ *дб*; $\nu_{макс} \geq 150$ *кгц*;

$P_{макс} = 2{,}0$ *вт*, а с радиатором 30 *вт*. Выходная мощность в однотактной схеме режима класса *А* до 10 *вт*; $T_к = -60 - +90°$ С. Оформлен в металлическом сварном баллоне со стеклянными выводами. Габаритный чертеж приведен на рис. 8-34.

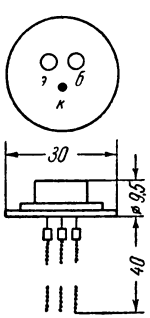


Рис. 8-34.

Транзисторы П201, П202, П203.

$\alpha = 20 \div 40$; $G = 10 \div 25$ *дб*.

Выходная мощность в однотактной схеме режима класса *А* 2,5 *вт*, в схеме преобразования постоянного тока до 40 *вт*. $P_{макс} = 1{,}0$ *вт*, с радиатором 10 *вт*; $T_к = -60 \div +100°$ С. Наибольшие размеры без выводов $30 \times 18 \times 9{,}6$ *мм*.

Транзисторы П207, П208. $\alpha \geq 15$; $P_{макс} = 4$ *вт*, с радиатором 100 *вт*; $T_к = -60 \div +85°$ С. Наибольшие размеры без выводов $\phi 60 \times 21$ *мм*.

Транзисторы П209, П210. $\alpha \geq 15$; $P_{макс} = 1{,}5$ *вт*, с радиатором 60 *вт*; $T_к = -60 \div +85°$ С. Наибольшие размеры без выводов $\phi 41 \times 13$ *мм*.

§ 8-10. Высоковольтные кенотроны

Таблица 8-44

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Наибольшее обратное напряжение анода, *кв*	Ток анода		Внутреннее сопротивление, *ом*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*		пиковый, *а*	средний, *ма*			высота	диаметр	
В1-0,02/20	В20/20	Катод вольфрамовый торированный, карбидированный, прямого накала; выпрямление тока в непрерывном и импульсном режимах	2,5	3,2	20	0,1	20	—	—	125	40	80
В1-0,03/13	В13/30	Катод оксидный прямого накала; выпрямление переменного тока высокого напряжения в непрерывном и импульсном режимах	2,5	4,65	13	3 в имп.	30	—	—	120	32,3	55
В1-0,05/70	—	Катод вольфрамовый торированный, карбидированный, прямого накала; выпрямление переменного тока высокого напряжения	5	32	70	8	50	500	100	340	103	750
В1-0,1/30	705А		5	5	30	0,8	100	1000	60	129	59	120

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Наибольшее обратное напряжение анода, *кв*	Ток анода		Внутреннее сопротивление, *ом*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*		пиковый, *а*	средний, *ма*			высота	диаметр	
В1-0,1/40	В40/100	Катод вольфрамовый торированный, карбидированный, прямого накала; выпрямление переменного тока высокого напряжения в непрерывном и импульсном режимах	5	6	40	0,75; 2 в имп.	100	—	75	205	53	150
В1-0,45/40	ВД1	Катод вольфрамовый торированный, карбидированный, прямого накала; выпрямление переменного тока высокого напряжения	7,5	48	44	2	450	150	500	590	215	1500
ВИ1-30/25	ВДИЗД	Импульсный кенотрон, катод оксидный косвенного накала, синтерированный; подавление нестационарных процессов в импульсных устройствах	10	6	25 в имп.	30	30	100	12	152	65	130

§ 8-11. Генераторные, модуляторные и мощные усилительные лампы

Таблица 8-45

Триоды

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
—	Г-431	Мощный генераторный триод косвенного накала с водяным охлаждением анода, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева	25	30 (при частоте не выше 6 *Мгц*)
—	Г-433	Мощный генераторный триод с водяным охлаждением анода, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах, а также для высокочастотного нагрева	20	100 (при частоте не выше 6 *Мгц*)
—	Г-484	Генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением анода, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором); катод вольфрамовый прямого накала; усиление низкой частоты в радиопередающих устройствах	—	—
ГИ-3	ГИ-3/100	Импульсный генераторный триод косвенного накала, в стеклянном баллоне, с выводами анода и сетки вверх; генерирование колебаний высокой частоты	300	—

Таблица 8-45

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
22	102	12	50	15	12	20	660	125	5
33	210	32	45	15	50	60	1160	145	около 10
22	59,5	—	8,5	10	—	5	540	267	18
6,3	1,1	2,2	16,25	0,4; 2,8 в имп.	0,016; 15 в имп.	0,01	100	34,8	0,04

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
ГИ-17	Г-480	Импульсный генераторный триод косвенного накала с принудительным воздушным охлаждением анода и сетки, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором); генерирование коротких импульсов (не более 4 *мксек*) сверхвысоких частот	500	50 в имп. при напряжении анода 8 *кв* и частоте 300 *Мгц*
ГИ-18Б	ГИ-300	Импульсный генераторный триод с принудительным воздушным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором); катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование и усиление колебаний в импульсном режиме (наибольшая длительность импульсов — 300 *мксек*)	0,3	300 в имп.
ГК-1А	ГКО-250	Мощный генераторный триод с водяным и принудительным воздушным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый прямого накала, трехфазной системы; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой	22	250 (при частоте 21,4 *Мгц*)

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
6,3	7,5	45	15	8,5 в имп.	70 в имп.	0,15	190	52	0,2
12,5	190	25	45	16,5	150 в имп.	6	900	280	около 31
3 × × 31,5	3 × × 580	80	45	10	250	200	880	285	около 25

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность *квт*
ГОСТ	старое			
ГК-3А	Г-100А	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой	25	100
ГМ-1А	М-20/35	Мощный усилительный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый торированный, карбидированный прямого накала; низкочастотное неискаженное усиление мощности в схемах с катодной связью без токов в цепи управляющей сетки	—	—
ГМ-51А	М-451	Мощный усилительный триод с водяным охлаждением анода, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности	12	20 (при частоте не выше 6 *Мгц*)
ГМ-60	М-600	Мощный усилительный триод, в стеклянном баллоне, с выводом анода вверх; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности низкой частоты	—	—

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
17	430	35	40	12	50	60	560	230	около 11
10,5	195	20	5	6	100	30	500	126	около 5
22	102	10	7	12,5	10	15	570	113	2,7
17	8,4	2,2	16	10	0,55	0,6	445	105	около 1,2

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
ГМ-70	М-470	Мощный усилительный триод, в стеклянном баллоне; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; усиление мощности низкой частоты	—	—
ГМ-100	М-1000	Мощный усилительный триод, в стеклянном баллоне с наружными гибкими выводами электродов; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности низкой частоты	—	—
ГМИ-30	М-30/450	Импульсный модуляторный триод, в стеклянном баллоне; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; модулирование колебаний в импульсных установках	—	—
ГУ-4А	—	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах, телевизионных передатчиках и генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой	100	10
ГУ-5А	Г-5А		110	3,5 (при частоте не выше 25 *Мгц*)

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
20	3	6	6,7	1,5	0,8	0,125	185	68	0,28
17	18	6,5	18	5	1,6	1,0	495	207	1,3
8,2	16,8	5,8	—	27	20 в имп.	0,3	350	140	0,65
8,3	145	30	50	6	$\geqslant 30$	20	320	152	около 5
12,6	23	15	80	5	7	3,5	210	106	около 0,8

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
ГУ-5Б	Г-5РА	Мощный генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором) и кольцевым выводом сетки; по характеристикам сходен с ГУ-5А	110	3,5 (при частоте не выше 25 *Мгц*)
ГУ-10А	Г-10А	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой	25	15
ГУ-10Б	Г-10РА	Мощный генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором) и кольцевым выводом сетки; по характеристикам сходен с ГУ-10А	25	10
ГУ-11А	Г-15А	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний	25	30

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
12,6	23	15	80	5	7	2,5	210	106	2,5
7	75	20	50	8	15	10	320	126	около 3
7	75	20	50	6	15	7	330	126	около 5
12,7	240	20	55	10	20	20	360	145	около 4,2

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
		в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой		
ГУ-12А	8S0	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах, телевизионных передатчиках и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева	50	40 (при частоте не выше 25 *Мгц*)
ГУ-16Б	Г-15РА	Мощный генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором) и кольцевым выводом сетки; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схеме с общей (заземленной) сеткой	25	15 (при частоте не выше 25 *Мгц*)
ГУ-21Б	—		26	15

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
12,6	315	23	20	10,5	около 30	20	300	180	около 4
13,5	200	25	47	8	15	10	334	200	около 9
8,3	150	20	48	9	≥30	10	355	145	около 5

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Наибольшая рабочая частота, *Мгц*	Выходная мощность, *квт*
ГОСТ	старое			
ГУ-22А	—	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом и кольцевым выводом сетки; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева. Лампа может работать в схемах с общей (заземленной) сеткой	26	30
ГУ-89А	889А	Мощный генераторный триод с водяным и воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом; катод вольфрамовый прямого накала; усиление мощности и генерирование колебаний в радиопередающих устройствах и в промышленных генераторах для высокочастотного нагрева	100	10 (при частоте не выше 25 *Мгц*)
ГУ-89Б	889Б	Мощный генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным анодом (радиатором); по характеристикам сходен с ГУ-89А	100	10 (при частоте не выше 25 *Мгц*)

Продолжение

Накал		Крутизна характеристики, *ма/в*	Коэффициент усиления	Наибольшее напряжение анода, *кв*	Наибольший ток катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *квт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
напряжение, *в*	ток, *а*						длина	диаметр	
8,3	150	27	48	10	⩾30	20	355	145	около 5
11	124	10	20	8,5	9	5	280	95	около 1,2
11	124	10	20	8,5	9	5	300	280	около 16

Таблица 8-46. **Металлокерамические триоды**

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Выходная мощность, *вт*	Наименьшая длина волны, *см*		Наибольшее напряжение анода, *кв*		Импульсный ток эмиссии катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*		импульсный	непрерывный	импульсный	непрерывный			длина	диаметр	
ГИ-6Б	ЛД-6	Импульсный генераторный триод с принудительным воздушным охлаждением, с радиатором для охлаждения анода; катод оксидный косвенного накала; генерирование колебаний высокой частоты в схемах с заземленной сеткой в непрерывном и импульсном режимах	12,6	2,1	130	18	22	9,0	5,0	20	350	110,5	65	330
ГИ-7Б	ЛД-7		12,6	2,1	30 (20 *квт* в имп.)	11	18	9,0	5,0	20	350	110,5	65	330
ГИ-11Б	ЛД-11		12,6	0,815	20 (при $\lambda = 38$ *см*)	11	—	2	0,8	1,2	80	88,5	45	120
ГИ-12Б	ЛД-12		12,6	0,815	3 (при $\lambda = 9$ *см*)	9	9	2	0,8	1,2	80	88,5	45	120
ГИ-70Б	ЛД-70	Импульсный генераторный триод без радиатора с комбинированным (водяным анода и воздушным сетки и катода) охлаждением; катод оксидный косвенного накала; генерирование колебаний высокой частоты в схемах с заземленной сеткой в непрерывном и импульсном режимах	12.6	2,1	30 (11 *квт* в имп.)	9	17	9	5	20	—	97	36,3	170

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Выходная мощность, *вт*	Наименьшая длина волны, *см*		Наибольшее напряжение анода, *кв*		Импульсный ток эмиссии катода, *а*	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*		импульсный	непрерывный	импульсный	непрерывный			длина	диаметр	
ГС-9Б	ЛД-9	Генераторный триод с воздушным принудительным охлаждением, с радиатором для охлаждения анода; катод оксидный косвенного накала; генерирование колебаний высокой частоты в схемах с заземленной сеткой в непрерывном режиме	12,6	1,1	40	—	15	—	2,5	—	300	110,5	65	310
ГС-90Б	ЛД-90	Генераторный триод без радиатора с комбинированным (водяным анода, воздушным сетки и катода) охлаждением, катод оксидный косвенного накала; генерирование колебаний высокой частоты в схемах с заземленной сеткой	12,6	1,1	15	—	9	—	2,5	—	—	97	36,3	160

Таблица 8-47. Тетроды и пентоды

Обозначение		Тип и назначение	Выходная мощность, *квт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующ. сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*					высота	диаметр	
ГИ-8	ПИ-3000	Импульсный генераторный пентод с воздушным охлаждением, в стеклянном баллоне, с выводом анода и второй сетки вверх; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный, прямого накала, с выводом средней точки; генерирование импульсных колебаний высокой частоты	3,5 в имп.	—	12,6	10,5	5,0 в имп.	0,9	5,5	200	285	111	1
ГИ-30	3Е-29	Импульсный генераторный лучевой двойной тетрод с воздушным принудительным охлаждением, в стеклянном бесцокольном баллоне, с выводом анодов вверх; катод косвенного накала, с выводом средней точки по-	—	—	6,3 12,6	2,25 1,125	5 (наиб.)	0,85	8 (при токе анода 60 *ма*)	15 (двумя анодами)	110	61	0,125

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Выходная мощность, *квт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующ. сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*					высота	диаметр	
		догревателя: модулирование колебаний в импульсных установках											
ГК-71	Г-471	Генераторный пентод, в стеклянном баллоне, с выводом анода вверх; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,25	20	20	3	1,5	0,4	4,2	125	195	68	0,32
ГМИ-83	Г-483	Импульсный модуляторный тетрод, в стеклянном баллоне, с выводом анода вверх; катод синтерированный косвенного накала; усиление импульсов мощности в схемах с накопительной емкостью в цепи анода	235 в имп. до 1 *мксек*	—	25	2	20	1,25	2	60	149	65	0,190
ГМИ-89	Г-489		0,4; 400 в имп. до 2 *мксек*	—	25	3,9	25	1,5	22	100	225	105	0,65
ГМИ-90	Г-490		1,17; 1170 в имп. до 2,3 *мксек*	—	25	7,8	33	1,75	—	120	250	145	1,1

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Выходная мощность, *квт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующей сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*					высота	диаметр	
ГУ-13	813	Генераторный лучевой тетрод, в стеклянном баллоне, с выводом анода вверх; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,18	30	10	5	2	0,4	4	100	191	65	0,3
ГУ-15	П-15	Генераторный лучевой пентод, в стеклянном баллоне, бесцокольный; катод оксидный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,012	60	4,4	0,68	0,35	0,2	4,7	15	93,5	45,3	0,1

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Выходная мощность, *квт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующ. сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*					высота	диаметр	
ГУ-27А	—	Мощный генераторный тетрод с водяным охлаждением, в стеклянном баллоне, бесцокольный, с наружным медным анодом и кольцевым выводом второй сетки; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты в радиопередающих устройствах и телевизионных передатчиках	1,0	110	7,5	25	4	1	6	2000	165	106	0,7
ГУ-27Б	827Р	Мощный генераторный тетрод с принудительным воздушным охлаждением, в стеклянном баллоне, с наружным медным ано-	1,0 (при частоте не выше 25 *Мгц*)	110	7,5	25	3,5	1	6	800	168	118	2,5

Продолжение

Обозначение ГОСТ	Обозначение старое	Тип и назначение	Выходная мощность, *кВт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал: напряжение, *в*	Накал: ток, *а*	Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующей сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*: высота	Наибольшие размеры, *мм*: диаметр	Вес, *кг*
ГУ-29	829	дом (радиатором) и кольцевым выводом второй сетки; сходен с ГУ-27А	0,045	200	6,3 12,6	2,25 1,125	0,4	0,225	8 (каждого тетрода) 3,5 (каждого тетрода)	40 (двумя анодами) 15 (двумя анодами)	111	61	0,125
ГУ-32	832	Генераторный лучевой двойной тетрод, в стеклянном баллоне, бесцокольный, с выводами анодов вверх; катод косвенного накала с выводом средней точки подогревателя; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,014	200	6,3 12,6	1,6 0,8	0,4	0,25			88	61	0,1
ГУ-50	П-50	Генераторный лучевой пентод, в стеклянном баллоне, бесцокольный, катод косвенного накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,060 (при частоте 66,6 *Мгц*)	120	12,6	0,765	0,8	0,25	4	40	93,5	45,3	0,1

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Выходная мощность, *квт*	Предельная частота, *Мгц*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Напряжение экранирующ. сетки, *кв*	Крутизна характеристики управляющей сетки, *ма/в*	Мощность, рассеиваемая анодом, *вт*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*					высота	диаметр	
ГУ-72	—	Генераторный пентод, в стеклянном баллоне, с выводом анода вверх; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,15	40	20	3	1,5	0,4	4,2	150	195	80	0,32
ГУ-80	Г1-800	Генераторный пентод, в стеклянном баллоне, одноцокольный, с выводом анода и третьей сетки вверх; катод вольфрамовый, торированный, карбидированный прямого накала; генерирование колебаний и усиление мощности высокой частоты	0,75 (при частоте 12 *Мгц*)	50	12,6	10,5	2	0,6	5,5	450	285	110	1

§ 8-12. Электронно-лучевые осциллографические трубки

Во всех трубках употребляются оксидные катоды косвенного накала, напряжением 6,3 *в* и током 0,6 *а*. Под длительностью послесвечения понимается время, по истечении которого яркость свечения экрана уменьшается в сто раз по сравнению с первоначальной в момент прекращения возбуждения. Условно время послесвечения называют коротким, если оно менее 0,01 *сек*, средним — от 0,01 до 0,1 *сек*, и длительным, если оно более 0,1 *сек*.

Для трубок с магнитным отклонением луча в четвертой графе таблицы 8-48 указано анодное напряжение, в пятой графе — напряжение ускоряющего электрода.

В девятой, десятой и двенадцатой графах приведены межэлектродные емкости, которые имеют названные в этих графах электроды относительно всех остальных.

В одиннадцатой графе указана входная емкость отклоняющих пластин; если в этой графе даны два числа, то первое соответствует верхним, а второе — нижним отклоняющим пластинам. Верхними считаются пластины, расположенные ближе к экрану, нижними — ближе к цоколю.

Таблица 8-48

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
5ЛО38	ЛО-738	Электростатические фокусировка и отклонение луча, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее	1,0	138÷300	—60÷30	0,11	—	10,5	7,5	2,0	11,0÷12,5	194	53	0,2

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
7ЛО55	—	Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее. Напряжение третьего анода 2 *кв*	1,1	130±50	76±38	0,125	0,15	10	10	3	11÷12,5	190	69,5	0,3
8ЛО29	ЛО-729	Электростатические фокусировка и отклонение луча, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее	1,5	280÷516	—45±22,5	0,17	0,23	10	8	4,0; 3,0	12÷15	261	78	0,45
8ЛО30	ЛО-730	Электростатические фокусировка и отклонение луча (по *x*, *y* и радиальное), свечение экрана зеленое,	1,5	409±109	—45±22,5	0,175	0,24	10	8	4	12÷15	284	78	0,45

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
		послесвечение среднее. Чувствительность радиального электрода 0,06 *мм/в*												
8ЛО39	ЛО-739	Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, длительное послесвечение желто-оранжевого цвета. Напряжение третьего анода 4 *кв*	2,0	400±80	—60±30	0,165	0,175	10,5	10,5	4	12÷15	274	78	0,5
10ЛО43	ЛО-743	Двухлучевая, электростатические фокусировка и отклонение лучей, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее	2,0	550±150	—60±30	0,17	0,20	12	12	—	15	415	101,5	0,75

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
13ЛМ31	ЛО731	Магнитные фокусировка и отклонение луча, свечение экрана желто-оранжевое, послесвечение длительное. Диаметр горла баллона (наибольший) 36 *мм*	4,0	250	—45±25	—	—	10	8	—	—	293	127,5	0,6
13ЛМ56	—	Магнитные фокусировка и отклонение луча, свечение зеленое, послесвечение длительное. Диаметр горла баллона (наибольший) 36 *мм*	4,0	250	—47,5±22,5	—	—	11	10	—	—	293	127,5	0,6
13ЛМ57	—	Длительное послесвечение экрана. Остальные данные, как у 13ЛМ56	4,0	250	—47,5±22,5	—	—	11	10	—	—	293	127,5	0,6

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
13ЛМ58	—	Послесвечение оранжевого цвета. Остальные данные, как у 13ЛМ57	4,0	250	—47,5±22,5	—	—	11	10	—	—	293	127,5	0,6
13ЛО36	ЛО-736	Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Напряжение третьего анода 4 *кв*	2,0	532±158	—62,5±32,5	0,285	0,34	10	8	3,5	12,5—15	435	134,5	0,8
13ЛО37	ЛО-737	Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее. Напряжение третьего анода 3 *кв*	1,5	302÷518	—45±26	0,37 0,46	0,43 0,53	10	10	3,5	15	435	134,5	0,8

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
13ЛО48	ЛО-748	Двухлучевая, электростатические фокусировка и отклонение лучей, свечение экрана зеленое, послесвечение среднее	1,5	425±125	—60±30	0,22	0,25	12	12	—	15	410	134,5	1,5
13ЛО54	ЛО-754	Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Напряжения третьего, четвертого и пятого анодов соответственно 3,5, 6,0 и 8,0 *кв*	1,5	300±100	—60±30	0,18	0,20	12	12	3,5	15	435	134,5	—

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
18ЛМ35	ЛО-735	Магнитные фокусировка и отклонение луча, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Диаметр горла баллона (наибольший) 36 *мм*	4,0	250	47,5±22,5	—	—	10	8	—	—	347	179	1,2
18ЛО47	ЛО-747	Двухлучевая, электростатические фокусировка и отклонение лучей с послеускорением, свечение экрана синее, послесвечение короткое. Напряжение третьего анода 6 *кв*	2,0	550±150	−100±50	0,15	0,17	12	12	3,5	15	450	177,5	2,5

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*				Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор	длина	диаметр	
23ЛМ34	ЛО-734	Магнитные фокусировка и отклонение луча, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Диаметр горла баллона (наибольший) 36 *мм*	4,0	250	47,5±22,5	—	—	10	8	—	—	457	231	2,6
23ЛО51	ЛО-751	Электростатические фокусировка и отклонение луча (по осям *x*, *y* и радиальное), свечение экрана синее, послесвечение среднее, чувствительность радиального электрода (конуса) 0,035 *мм/в*, емкость 12 *пкф*; предназначена для фотографической регистрации высокочастотных процессов	20	5500±1100	—250±125	0,03	0,03	6,5	5,0	0,9	9—10	575	231	—

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Напряжение			Чувствительность отклонения пластин, *мм/в*		Межэлектродные емкости, *пкф*					Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *кг*
ГОСТ	старое		второго анода, *кв*	первого анода, *в*	модулятора (запирающ.), *в*	верхние	нижние	модулятор	катод	отклоняющие пластины	отклоняющие пластины — модулятор		длина	диаметр	
31.ЛМ32	ЛО-732	при круговой развертке с радиальным отклонением электронного луча	4,0	250	47,5±22,5	—	—	10	8	—	—		536	307	6
31.ЛО33	ЛО-733	Магнитные фокусировка и отклонение луча, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Диаметр горла баллона (наибольший) 36 *мм*	4,3	1140±340	140±60	0,238	0,255	12	12	3,5	15		572	307	7
		Электростатические фокусировка и отклонение луча с послеускорением, послесвечение экрана желто-оранжевое длительное. Напряжение третьего анода 5,5 *кв*													

§ 8-13. Приемные и передающие телевизионные трубки

Таблица 8-49. Приемные телевизионные трубки (кинескопы)

У всех кинескопов белый цвет свечения экрана со средним послесвечением, разрешающая способность — 625 линий. У всех, кроме 18ЛО40Б, отклонение и, кроме 18ЛО40Б; 35ЛК2Б; 43ЛК2Б; 53ЛК2Б, фокусировка луча — магнитные

Обозначение		Тип и назначение	Размер изображения на экране, *мм*²	Яркость экрана, *мсб*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Наибольший ток луча, *мка*	Максимальная амплитуда напряжения модулятора, *в*	Наибольшие размеры, *мм*			Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*				длина	диаметр	диаметр горла	
10ЛК2Б	—	Проекционный кинескоп с вольфрамовым карбидированным катодом прямого накала; проектирование изображения на зрительный экран	54×72	100	1,5	2,5	20	200	40	325	102	35,75	0,4
13ЛК1Б	—	Катод косвенного накала; видоискатель телевизионной передающей камеры	70×93	7	6,3	0,55	7	100	25	379	137	35,75	0,6
18ЛК2Б	—	Катод косвенного накала; фотографирование телевизионного изображения	84×112 100×100	10	6,3	0,55	15	100	20	419	170	35,75	1
18ЛК4Б	—	С ионной ловушкой без внешнего магнита, катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	100×135	3,2	6,3	0,6	4,0	150	30	355	174	33,0	—

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Размер изображения на экране, *мм*²	Яркость экрана, *мсб*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Наибольший ток луча, *мка*	Максимальная амплитуда напряжения модулятора, *в*	Наибольшие размеры, *мм*			Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*				длина	диаметр	диаметр горла	
18ЛК5Б	—	С ионной ловушкой, требующей внешнего магнита, катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	100×135	3,2	6,3	0,55	4,0	100	30	355	172	33,0	1
18ЛК15	ЛК-715А	Катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	100×135	3,2	6,3	0,55	4,0	100	30	355	172	33,0	1
18ЛО40Б	ЛК-740	Отклонение и фокусировка луча электростатические, катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	100×135	3,2	6,3	0,6	6,0	—	—	378	179,5	—	—
23ЛК1Б	—	Катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	135×180	4	6,3	0,55	8	100	30	395	235	35,75	1,5
23ЛК2Б	—	Катод косвенного накала; для работы в видеоконтрольных устройствах	135×180 160×160	3,2	6,3	0,55	10	100	18	481	233	35,75	2,4
31ЛК1Б	30ЛК1Б	Катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	180×240	5	6,3	0,55	10	150	30	460	307	35,75	3

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Размер изображения на экране, *мм²*	Яркость экрана, *мсб*	Накал		Напряжение анода, *кв*	Наибольший ток луча, *мка*	Максимальная амплитуда напряжения модулятора, *в*	Наибольшие размеры, *мм*			Вес, *кг*
ГОСТ	старое				напряжение, *в*	ток, *а*				длина	диаметр	диаметр горла	
31ЛК2Б	—	С ионной ловушкой, требующей внешнего магнита, катод косвенного накала; непосредственное наблюдение изображения	180×240	5	6,3	0,6	10	150	30	485	307	35,75	—
35ЛК2Б	—	С ионной ловушкой, требующей внешнего магнита, с электростатической фокусировкой, с прямоугольным экраном из дымчатого стекла для повышения контрастности изображения	217×288	4	6,3	0,6	12	100	—	445	330	38	—
40ЛК1Б	—	С ионной ловушкой, требующей внешнего магнита, катод косвенного накала, в металлостеклянном оформлении; непосредственное наблюдение изображения	240×320	4	6,3	0,55	12	100	35	502	406	37,5	5,0
43ЛК2Б	—	С ионной ловушкой, требующей внешнего магнита, с электростатической фокусировкой, с прямоугольным экраном из дымчатого стекла для повышения контрастности изображения	270×300	—	6,3	0,6	14	—	—	510	412	38	—
53ЛК2Б	—		350×480	—	6,3	0,6	16	—	—	610	522	38	—

Таблица 8-50. **Передающие телевизионные трубки**

Обозначение	Тип и назначение	Рабочая площадь фотокатода, *мм*²	Область максимальной чувствительности спектроскопической характеристики фотокатода; длина волны, *ммк*	Наибольшая освещенность фотокатода, *лк*
ЛИ1 (15ЛИ1)	Иконоскоп косвенного накала; работа в студийных камерах и кинокамерах	90 × 120	—	—
ЛИ3	С переносом изображения и разверткой быстрыми электронами; для передвижных и студийных камер	9 × 12 10 × 10	450	60
ЛИ6	С переносом изображения и разверткой быстрыми электронами; для студийных камер	18 × 24 20 × 20	700	60
ЛИ7	С переносом изображения и разверткой быстрыми электронами; для студийных камер и кинокамер	18 × 24 20 × 20	450	40
ЛИ13 ЛИ14 ЛИ15 ЛИ17	Телевизионные передающие трубки с переносом изображения, двусторонней мишенью и разверткой медленными электронами; для передвижных и театральных установок	24 × 32 28 × 28	700 500 450 500	5 (только при движущихся объектах)
ЛИ18	Телевизионная передающая трубка с фотосопротивлением; для портативных промышленных установок	12 × 16	560	50

Таблица 0249 для определения качества телевизионного изображения. Телевизионная испытательная таблица 0249 (рис. 8-35) предназначена для проверки качества телевизионного изображения на контрольных устройствах телецентра и на экранах телевизионных приемников.

Таблица построена с учетом разложения изображения на 625 строк при соотношении кадра 4 : 3 и ширине гасящего кадрового импульса 7,5%.

При проверке телевизионного канала таблица проектируется на светочувствительный элемент передающей трубки (фотокатод или мозаику),

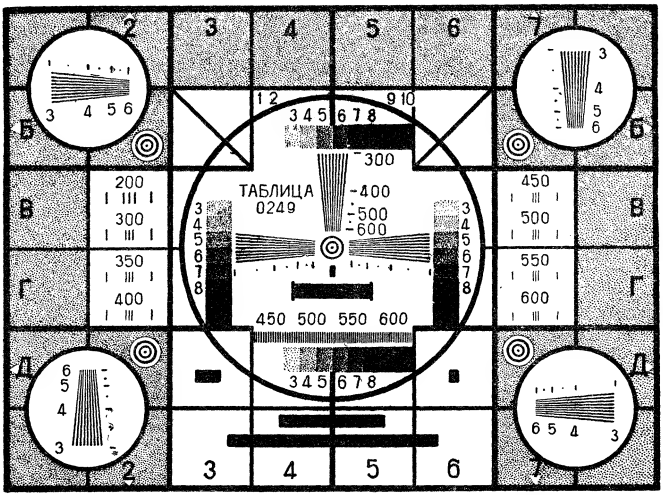


Рис. 8-35.

причем размер спроектированного изображения таблицы между вершинами ограничивающих белых треугольников должен соответствовать рабочей площади фотокатода.

Амплитуды разверток передающей трубки должны обеспечивать передачу всего поля таблицы (при нормальной ширине гасящих сигналов) без дополнительного обрамления.

При проверке телевизионного приемника амплитуды разверток регулируются так, чтобы таблица целиком вписывалась в ограничивающую рамку приемника.

Определение четкости телевизионного изображения в центре производится по вертикальным и горизонтальным клиньям (веерам), расположенным в центральном круге испытательной таблицы. Определение четкости по горизонтали производится по вертикальному клину; определение четкости по вертикали — по горизонтальным клиньям.

Четкость изображения (в линиях) определяется по отметкам около клиньев, обозначенным числами 300, 400, 500, 600, и отсчитывается по

той отметке (или между отметками), против которой черные и белые линии клина еще различимы.

Для дополнительного определения четкости по горизонтали служат группы параллельных вертикальных линий в нижней части центрального круга, обозначенные числами 450, 500, 550, 600.

Для той же цели служат короткие вертикальные линии, расположенные в квадратах В2, Г2, В7 и Г7.

Определение четкости изображения в углах производится по вертикальным и горизонтальным клиньям с отметками, обозначенными цифрами 3, 4, 5, 6 (сокращенные 300 и т. д.), размещенными в окружностях, находящихся в углах таблицы.

Концентрические окружности малого диаметра, расположенные в центре таблицы и в квадратах Б2, Д2, Б7 и Д7, служат для проверки *астигматизма прожектора электронно-лучевой трубки* (формы сечения электронного луча в плоскости таблицы).

Если сечение луча имеет форму круга (астигматизм отсутствует), то толщина линии, образующей окружность, одинакова по всей окружности.

Определение числа передаваемых полутонов производится по градационным полоскам, состоящим из прямоугольников со ступенчатым переходом от белого к черному. Число различающихся по яркости прямоугольников в градационных полосках дает число передаваемых полутонов.

Определение геометрических искажений передаваемого изображения осуществляется измерением отклонения от прямолинейности и взаимной перпендикулярности горизонтальных и вертикальных линий испытательной таблицы.

Определение нелинейности строчной развертки производится сравнением длин горизонтальных сторон квадратов таблицы, расположенных в средней, правой и левой частях таблицы.

Определение нелинейности кадровой развертки — сравнением вертикальных сторон квадратов, расположенных в средней, верхней и нижней частях таблицы.

При хорошей линейности разверток (при постоянной скорости движения луча по экрану) квадраты имеют правильную форму и равны между собой.

Судить о линейности разверток можно также по искажениям формы окружностей, так как эти искажения наиболее заметны для глаза.

О наличии частотных и фазовых искажений в телевизионном тракте на относительно низких частотах можно судить по черным прямоугольникам, размещенным в квадратах таблицы Д3, Д6, Е3, Е4, Е5 и Е6, а также в центральном круге. При наличии искажений вправо и влево (или только в одну сторону) от прямоугольников будут тянуться их продолжения в виде серых или светлых «хвостов».

Наличие частотных и фазовых искажений на относительно высоких частотах определяется по так называемой «пластике», выражающейся в появлении белых окаймлений (кантов), тонких черных вертикальных или наклонных линий на резких вертикальных границах перехода от черного к белому.

Тонкие диагональные линии в квадратах Б3 и Б6 позволяют судить о точности синхронизации чересстрочной развертки. При наличии относительного смещения строк (так называемого «спаривания» строк) наблюдается зубчатость диагональных линий, которая при полном спаривании вновь исчезает.

При приеме антенной или снижением отраженных телевизионных сигналов, а также при появлении в телевизионном тракте отражений волн на изображении могут появляться добавочные контуры, повторяющие изображение таблицы, сдвинутые вправо от основных контуров.

§ 8-14. Газоразрядные приборы

Таблица 8-51. **Газотроны и тиратроны**

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Амплитуда обратного напряжения, *кв*	Падение напряжения, *в* (не более)	Анодный ток, *а*		Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*			амплитуда	средний	высота	диаметр	
—	ВГ-129	Высоковольтный газотрон с ртутным наполнением, анод выведен вверх, катод оксидный, прямого накала	2,5	9	7,5	15	1,5	0,5	163	64	100
ГГ1-0,5/5	ГГ1-1,5/5 ВГ-1,5/5000	Газотрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, анод выведен вверх, катод оксидный, прямого накала; выпрямление переменного тока	2,5	8,5	5	20	1,5	0,5	190	67	150
ГР1-0,25/1,5	ГР-0,8/1,6 ВГ-0,25/1500	Газотрон двуханодный с ртутным наполнением, катод оксидный, прямого накала; работа в выпрямительных устройствах малой мощности и схемах электропривода	5	3,3	1,65	18	0,8	0,125 (одного анода)	137	53	80
ТГ1Б	Т-1Б	Сверхминиатюрный двуханодный тиратрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, с гибкими выводами, катод оксидный, косвенного накала; выпрямление переменного тока	6,3	0,225	0,24	20	0,12	0,02	36	10,2	5

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Амплитуда обратного напряжения, *кв*	Падение напряжения, *в* (не более)	Анодный ток, *а*		Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*			амплитуда	средний	высота	диаметр	
ТГ1-0,1/0,3	ТГ-0,3/0,3 ТГ-884	Тиратрон с аргоновым наполнением, катод оксидный, косвенного накала; для работы в релаксационных и релейных схемах и управляемых выпрямительных устройствах малой мощности	6,3	0,66	0,3	20	0,3	0,075	97	34,8	40
ТГ1-0,1/1,3	ТГ-0,5/1,3 ТГ-2050	Тиратрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, катод оксидный, косвенного накала; для работы в релейных и электропреобразовательных устройствах	6,3	0,6	1,3	11	0,5	0,1	105	33	60
ТГ1-2,5/4	ТГ-8/3 ТГ1-2,5/3	Тиратрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, анод выведен вверх, катод оксидный, прямого накала; работа в релейных и электропреобразовательных устройствах	5	12	4,0	20	8	2,5	255	85	600

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Амплитуда обратного напряжения, *кв*	Падение напряжения, *в* (не более)	Анодный ток, *а*		Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*			амплитуда	средний	высота	диаметр	
ТГ1-2,5/10	—	Тиратрон с ксеноновым наполнением, анод выведен вверх, катод оксидный, косвенного накала; управляемый вентиль в выпрямительных устройствах	5	15	10	20	8	2,5	350	90	—
ТГ1-5/3	ТГ-15/3	Тиратрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, анод выведен вверх, катод оксидный, прямого накала; работа в выпрямительных и релейных устройствах	5	21	3	22	15	5	350	110	1000
ТГ3-0,1/1,3	2Д21	Пальчиковый тиратрон с наполнением ксеноно-криптоновой смесью, катод оксидный, косвенного накала; работа в релейных и электропреобразовательных устройствах	6,3	0,6	1,3	11	0,5	0,1	57	19	9
ТР1-5/2	ТР-15/2 (ТР1-2,5/2)	Тиратрон с ртутным наполнением, вывод анода сверху, катод оксидный, косвенного накала; работа в качестве управляемого вентиля в выпрямительных и релейных устройствах	5	15	2	18	15	5	275	90	600

Продолжение

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Амплитуда обратного напряжения, *кв*	Падение напряжения, *в* (не более)	Анодный ток, *а*		Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*			амплитуда	средний	высота	диаметр	
ТР1-6/15	ТР-20/15	Тиратрон с ртутным наполнением, анод выведен наверх, катод оксидный, косвенного накала; работа в качестве управляемого вентиля в выпрямительных устройствах	5	23	15	18	20	6,5	350	90	1000
ТР1-15/15	—	Тиратрон с ртутным наполнением, вывод анода сверху, катод оксидный, косвенного накала; управляемый вентиль в мощных выпрямительных устройствах	5	40	15	20	47	15	490	165	3000
ТР1-40/15	ТР-120/15	Тиратрон с ртутным наполнением, анод выведен вверх, катод оксидный, косвенного накала; работа в качестве управляемого вентиля в мощных выпрямительных устройствах	5	68	15	20	120	40	700	225	4000
ТР1-85/15	—		5	130	15	20	300	85	760	235	около 10000

Обозначение		Тип и назначение	Накал		Амплитуда анодного напряжения, *кв*	Падение напряжения (в имп.) не более, *в*	Наибольший анодный ток, *а*		Выходная мощность		Длительность импульса, *мксек*	Наибольшее число имп. в *сек*	Межэлектродные емкости, *пкф*			Наибольшие размеры, *мм*		
ГОСТ	старое		напряжение, *в*	ток, *а*			в имп.	средний	в имп., *квт*	средняя, *вт*			входная	выходная	проходная	высота	диаметр	Вес, *г*
ТГИ1-90/8	{ ТГИ-90/8 МТИ-4	Импульсный модуляторный тиратрон, в стеклянном баллоне, вывод анода сверху; катод оксидный, косвенного накала; основное назначение — коммутация в схеме линейного модулятора	6,3	7	8	100	90	0,1	360	360	0,4÷6,0	2000	8	0,04	14	195	65	300
ТГИ1-400/3,5	ТГИ-400/3,5		5	18	3,5	150	400	0,3	—	—	<20	50	12	1,5	12	280	85	600
ТГИ1-400/16	—		6,3	10,5	16	170	400	0,5	3200	4000	0,5÷5,0	500	16	0,03	30	265	78	500
ТГИ2-325/16	—		6,3	8,5	16	150	325	0,2	2600	1600	0,5÷6,0	1700	13,5	0,4	28,5	220	66	350

Таблица 8-53. Газоразрядные стабилизаторы напряжения (стабиливольты)

Стабиливольт представляет собой два холодных электрода (анод — проволока, катод — цилиндр), помещенных в стеклянный баллон, наполненный смесью инертных газов (аргона, гелия и неона). Стабильное напряжение на электродах стабиливольта поддерживается во время нормального тлеющего газового разряда, пока не вся поверхность катода покрыта свечением; величина светящейся поверхности катода пропорциональна току через стабилизатор.

Обозначение		Напряжение, *в*		Ток через стабилизатор, *ма*	Наибольшее изменение напряжения стабилизации при изменении силы тока, *в*	Наибольшие размеры без выводов, *мм*		Вес, *г*
ГОСТ	старое	зажигания	стабилизации			высота	диаметр	
СГ1П	—	180	145÷160	5÷30	4,0	65	22,5	—
СГ2П	—	133	104÷112	5÷30	2,5	67	19	14
СГ2С	75С5-30	105	70÷81	5÷40	6,0	84	32,3	45
СГ3С	105С5-30	127	105÷112	5÷40	3,5	84	32,3	45
СГ4С	150С5-30	180	145÷160	5÷30	4,0	84	32,3	45
СГ5Б	—	180	142÷157	5÷10	4,0	36	10,2	5

§ 8-15. Стабилизаторы тока (барретеры)

Стабилизаторы тока (барретеры) предназначены для стабилизации постоянного тока и эффективного значения переменного тока в цепях питания радиотехнических устройств. Представляют собой специальную металлическую проволоку, помещенную в стеклянный баллон, наполненный водородом под давлением в несколько десятков *мм* рт. ст.

Электрические данные, приведенные в таблице 8-54, соответствуют температуре окружающей среды в пределах $-60 \div +70°$ С.

Таблица 8-54

Обозначение	Ток стабилизации, *а*	Изменение напряжения на стабилизаторе, *в*	Наибольшие размеры, *мм*		Вес, *г*
			высота	диаметр	
0,24Б12-18	0,25÷0,26	12÷18	85	31	35
0,3Б17-35	0,28÷0,32	17÷35	120	43	55
0,3Б65-135	0,27÷0,33	65÷135	130	43	55
0,425Б5,5-12	0,39÷0,46	5,5÷12	100	33	40
0,85Б5,5-12	0,78÷0,92	5,5÷12	100	33	40
1Б5-9	0,96÷1,04	5÷9	120	47	70
1Б10-17	0,96÷1,04	10÷17	120	47	70

§ 8-16. Вакуумные бесконтактные термопреобразователи

Бесконтактные термопреобразователи предназначены для преобразования тока высокой частоты (до 200 *Мгц*), текущего в подогревателе, в постоянную э.д.с. термопары за счет термоэлектрического эффекта. Применяются в измерительных устройствах высоких частот. Представляют собой термопару и подогреватель, расположенные накрест (без контакта) в вакууме внутри стеклянного баллона с гибкими выводами. Высота баллона 30 *мм*, диаметр 20 *мм*, вес 2 *г*.

Емкость между подогревателем и термопарой не превышает 1 *пф*, инерционность включения не более 5 *сек*. Интервал температур окружающей среды от $-40 \div +60°$ С, наибольшая допустимая влажность 98%.

Погрешность величины термо-э.д.с. при изменении температуры окружающей среды на $\pm 10°$ С в области температур от -40 до $+40°$ С составляет ± 2 *мв*.

Термопреобразователи разделяются на три класса (А, Б и В) по величине разброса термо-э.д.с. в зависимости от изменения номинального значения тока подогревателя.

Таблица 8-55

Обозначение	Подогреватель			Термопара	
	номинальный ток, *ма*	наибольший кратковременный ток, *ма*	наибольшее сопротивление, *ом*	наименьшая термо-э.д.с. при номинальном токе, *мв*	наибольшее сопротивление, *ом*
ТВБ-1	1,0	1,5	600	2,5	50
ТВБ-2	3,0	4,5	200	5,0	35
ТВБ-3	5,0	7,5	150	10	35
ТВБ-4	10	15	60	12	35
ТВБ-5	30	45	13	12	20
ТВБ-6	50	75	7	12	20
ТВБ-7	100	150	3	12	20
ТВБ-8	300	450	1	12	20
ТВБ-9	500	700	0,8	12	20

§ 8-17. Фотоэлементы и электронные умножители *)

Фотоэлемент — прибор, преобразующий изменения падающей на него световой энергии в соответственные изменения электрического напряжения или тока. Его действие основано на фотоэффекте, заключающемся в освобождении электронов из вещества под действием света.

*) Подробнее см. С. Ю. Лукьянов, Фотоэлементы, М.—Л., 1948; А. А. Хрущев, Фотоэлементы, М., 1955; Н. О. Чечик, Фотоэлементы и их применение, М., 1955; И. Я. Брейдо, Б. М. Глуховской, Л. Г. Лейтезен, Промышленные типы многокаскадных фотоэлектронных умножителей, Радиотехника и электроника 1, № 10, стр. 1344, 1956; Н. О. Чечик, С. М. Файнштейн, Т. М. Лифшиц, Электронные умножители, М., 1957.

Фотокатод — холодный электрод, эмитирующий электроны при попадании на него света.

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом представляет собой фотокатод и анод внутри вакуумной или газонаполненной колбы. Ток в таком фотоэлементе появляется (при освещенном фотокатоде), если на анод относительно катода подано положительное напряжение. Фотоэлемент носит название *вакуумного*, если из его колбы удален воздух; *газонаполненного*, если в его колбе содержится инертный газ (аргон) под низким давлением.

Фотосопротивление, или *фотоэлемент с внутренним фотоэффектом*, изготовляется из полупроводникового материала, который наносится тонким слоем на изоляционную пластинку между металлическими электродами. Пластинка с нанесенным на нее фоточувствительным слоем заделывается в оправу той или иной конструкции. Величина сопротивления фоточувствительного слоя уменьшается при его освещении.

Электронный умножитель является органическим сочетанием фотоэлемента с многокаскадным усилителем фототока за счет вторичной электронной эмиссии.

Спектральной чувствительностью фотокатода называется отношение тока фотоэлектронной эмиссии к мощности монохроматического светового потока заданной длины волны.

Интегральная чувствительность фотокатода — отношение тока эмиссии к мощности белого светового потока от стандартного источника.

Интегральной чувствительностью фотоумножителя называется произведение интегральной чувствительности фотокатода на коэффициент усиления умножителя.

Область спектральной чувствительности определяется нижней и верхней длинами волн, при которых чувствительность составляет 10% от наибольшей чувствительности внутри области.

Темновым током, или *темновым сопротивлением*, называется ток или сопротивление полностью затемненного фотоэлемента или фотоумножителя при поданных рабочих напряжениях.

Таблица 8-56. **Фотоэлементы с внешним фотоэффектом ЦГ и СЦВ**

ЦВ — *цезиевые вакуумные*, ЦГ — *цезиевые газонаполненные фотоэлементы*. Вакуумные фотоэлементы ЦВ имеют очень малую инерционность. Однако их чувствительность также мала, и поэтому они используются только в специальных схемах с последующим усилением фототоков. Газонаполненные фотоэлементы ЦГ имеют значительно более высокую чувствительность вследствие возбуждения фотоэлектронами газового разряда, но наличие газового разряда сильно увеличивает их инерционность.

СЦВ — *сурьмяно-цезиевые вакуумные фотоэлементы* обладают чувствительностью, сравнимой с чувствительностью ЦГ, и в то же время малой инерционностью, поэтому газонаполненные СЦ фотоэлементы не выпускаются.

Преимущественные области применения: ЦГ-1 и ЦГ-4 в стационарных киноустановках; ЦГ-3 в кинопередвижках; СЦВ-3 и СЦВ-4 в схемах автоматического контроля и в звуковой аппаратуре; СЦВ-51 в фототелеграфной аппаратуре и в малогабаритных устройствах автоматического контроля.

Рабочее напряжение фотоэлементов ЦГ и СЦВ равно 240 *в*. Фотоэлементы ЦВ-1, ЦВ-3 и ЦВ-4 оформлены так же, как и фотоэлементы ЦГ тех же номеров, имеют те же фотокатоды и то же рабочее напряжение; чувствительность фотоэлементов ЦВ-1, ЦВ-3 и ЦВ-4 в пять раз меньше, чем у фотоэлементов ЦГ.

Таблица 8-56

Обозначение	Область спектральной чувствительности, *мк*	Интегральная чувствительность, *мка/лм* (не менее)	Темновой ток, *мка* (не более)	Наибольшие размеры, *мм*	
				диаметр	длина
ЦГ-1	0,4 ÷ 1,2	75	0,1	56	131
ЦГ-3	0,4 ÷ 1,2	100	0,1	27	62
ЦГ-4	0,4 ÷ 1,2	100	0,1	39,5	129
СЦВ-3	0,4 ÷ 0,6	80	0,01	27	62
СЦВ-4	0,4 ÷ 0,6	80	0,1	39,5	129
СЦВ-51	0,4 ÷ 0,6	80	0,01	15,2	63

Таблица 8-57. **Фотосопротивления ФС**

Фотосопротивления ФС изготовляются из полупроводникового материала двух видов. *Сернистосвинцовые фотосопротивления* имеют в обозначении букву А, сернистокадмиевые — букву К. Цифры 0, 1, 2 и т. д. означают номер конструкции.

Преимущественные области применения: ФС-А1 в цепях автоматики с малой инерционностью и с использованием инфракрасного облучения; ФС-А4 в звуковом кино; ФС-К0, ФС-К1, КС-К2 для фотоэлектрической автоматики.

Фотосопротивления обладают высокой чувствительностью, стабильны, удобны в обращении. Срок их службы при эксплуатации в нормальном режиме безграничен, необратимой потери чувствительности при сильных освещенностях не наблюдается.

В таблице в графе «Средняя кратность изменения сопротивления» указано отношение величины сопротивления при средней освещенности (100 ÷ 200 *лк*) к темновому сопротивлению.

Таблица 8-57

Обозначение	Рабочая площадь, *мм*	Область максимальной чувствительности, *мк*	Чувствительность, *мка/лм*	Темновое сопротивление, *Мом*	Средняя кратность изменения сопротивления	Предельное напряжение, *в*	Габариты, *мм*
ФС-А1	4×6	2,1	7500	0,02÷0,5	1,2	15	28×15×6,5
ФС-А4	4×6	2,1	$5 \cdot 10^4$	0,04÷0,4	1,2	15	18×4×22,5
ФС-К0	4×8	—	$0{,}9 \cdot 10^6$	3,3	35	300	14,5×8,5×2
ФС-К1	4×7,3	0,6	$1{,}2 \cdot 10^6$	10	140	400	⌀ 28×5,5
ФС-К2	4×7,3	0,52	$0{,}9 \cdot 10^6$	3,3	35	300	28×12,5×5,5

Таблица 8-58. Фотоэлектронные умножители ФЭУ

Умножители ФЭУ-1 и ФЭУ-2 однокаскадные, разработаны для звуковоспроизводящей аппаратуры (первый для стационарной, второй для передвижной). Остальные ФЭУ многокаскадные, и по конструкции могут быть разделены на две группы. Умножители с торцевым оптическим входом и полупрозрачным фотокатодом (ФЭУ-19 и ФЭУ-25) и умножители с боковым оптическим входом и массивным, но небольшим по площади фотокатодом (ФЭУ-17, ФЭУ-18, ФЭУ-20, ФЭУ-22). Первые два умножителя предназначены для измерения рассеянных световых потоков, в частности, сцинтилляций, а последние четыре рассчитаны на регистрацию слабых световых потоков при фотометрических работах (ФЭУ-22 в красной и ближней инфракрасной области). Фокусировка электронов во всех умножителях, помещенных в таблице, электростатическая. Диапазон интегральных чувствительностей умножителя, приведенный в таблице, соответствует разным режимам в указанной области рабочих напряжений.

Таблица 8-58

Обозначение	Число каскадов	Область спектральной чувствительности, *мк*	Площадь фотокатода, *мм*^{2}	Интегральная чувствительность		Область рабочих напряжений, *в*	Наибольшие размеры, *мм*	
				фотокатода, *мка/лм*	умножителя, *а/лм*		длина	диаметр
ФЭУ-1	1	0,45	—	—	$(4\div6)10^{-4}$	220	39,5	106
ФЭУ-2	1	0,45	—	—	$(4\div6)10^{-4}$	220	31	71
ФЭУ-17	13	0,3—0,6	5×16	25	1÷1000	650÷1150	48	181
ФЭУ-18	13	0,22÷0,6	5×16	25	1÷1000	650÷1150	48	181
ФЭУ-19	13	0,3÷0,6	900	35	1÷1000	900÷2000	48	200
ФЭУ-20	8	0,35÷0,6	5×5	35	1÷10	800÷1200	34	95
ФЭУ-22	13	до 1,0	5×16	10	1÷4,5	1250÷1400	48	181
ФЭУ-25	9	0,3÷0,6	500	35	1÷28	1000÷1700	34	114

Глава 8-4

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАДИОТЕХНИКЕ *)

Из большого разнообразия электроизмерительных приборов, выпускаемых промышленностью, в этой главе приведены только приборы, пригодные к измерениям наряду с постоянными также и переменных токов достаточно высоких частот. Сюда относятся приборы электростатической системы, термостатической и детекторной **)

*) Более подробные сведения можно найти в книгах Г. П. Шкурин, Справочник по электроизмерительным и радиоизмерительным приборам, М., 1955; К. Д. Осипов, В. В. Пасынков, Справочник по радиоизмерительным приборам, ч. I, М., 1959.

**) Приборы электродинамической системы применяются при измерениях технического переменного тока. В радиотехнических измерениях из-за низкочастотности и большого собственного потребления энергии они не используются.

Степень точности электроизмерительного прибора определяется *классом* прибора.

Абсолютной погрешностью называется разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины, за которое принимается значение, показанное образцовым прибором.

Абсолютная погрешность, выраженная в процентах от диапазона значений измеряемой величины на шкале прибора, называется *приведенной погрешностью*. Приведенная погрешность и характеризует собой класс точности прибора.

Класс прибора	Наибольшая погрешность, %
0,1	±0,1
0,2	±0,2
0,5	±0,5
1,0	±1,0
1,5	±1,5
2,5	±2,5
4,0	±4,0

Если допустимая погрешность превышает ±4%, т. е. прибор не удовлетворяет по точности классу 4, то он считается внеклассным.

Приведенная погрешность выражается:

а) для приборов с односторонней шкалой в процентах от верхнего предела изменения;

б) для приборов с двухсторонней шкалой в процентах от суммы пределов измерения;

в) для приборов с безнулевой шкалой, в том числе для частотомеров, в процентах от среднего арифметического пределов измерения;

г) для фазометров и омметров в процентах от длины рабочей части шкалы.

Для неравномерной шкалы рабочей считается только часть ее, начиная со значения, соответствующего 25% от номинального предела измерений; вне рабочей части шкалы погрешность не нормируется и, как правило, бывает значительно большей, чем в рабочей части.

Класс прибора соответствует вышеуказанной погрешности при измерениях в нормальных условиях. Кроме этой *основной погрешности* существует и *дополнительная погрешность*, связанная с влиянием различных внешних факторов: температуры, электрических и магнитных полей и т. п. В соответствии с Государственным стандартом на электротехнические приборы (ГОСТ 1845-59) по каждому их классу устанавливаются определенные допуски на влияние внешних факторов.

Понятие точности не следует смешивать с чувствительностью.

Чувствительностью электроизмерительного прибора называется отношение перемещения указателя к изменению измеряемой величины, вызвавшему это перемещение. Чувствительность — величина размерная, выражающаяся числом делений на единицу измеряемой величины.

§ 8-18. Приборы электростатической системы

Основаны на силовом взаимодействии заряженных до определенной разности потенциалов проводников. Во всех конструкциях используется в той или иной модификации электрический конденсатор, подвижная пластина которого связана с указателем измеряемой разности потенциалов.

Достоинствами электростатических приборов являются: отсутствие собственного потребления энергии при измерениях постоянного

напряжения и очень малое ее потребление при измерении переменного напряжения вплоть до очень высоких частот (около 40 *Мгц*); возможность непосредственно измерять высокие переменные напряжения.

Вольтметр С95. Переносный лабораторный однопредельный прибор с непосредственным отсчетом для измерения напряжения в целях постоянного и переменного тока.

Такие приборы изготовляются на один из следующих восьми верхних пределов измерения: 30, 75, 150, 300, 600, 1000, 1500 и 3000 *в*.

Класс точности 1,5 при измерениях на следующих частотах: от 20 *гц* до 7,5 *Мгц* у вольтметров на 30 *в*, от 20 *гц* до 10 *Мгц* у вольтметров на 75, 150, 300, 1500 и 3000 *в*.

Входная емкость не более: у вольтметров на 30 *в* — 10 *пф*, на 75, 150 и 300 *в* — 7 *пф*, на 600, 1000, 1500 и 3000 *в* — 4 *пф*.

Собственная резонансная частота не ниже: у вольтметров на 30 *в* — 200 *Мгц*, на 75 *в* — 270 *Мгц*, на 150 и 300 *в*—280 *Мгц*, на 600 *в*—290 *Мгц*, на 1000, 1500 и 3000 *в* — 300 *Мгц*.

Габариты 272 × 203 × 125 *мм*. Вес 3 *кг*, вес в футляре 5 *кг*.

Киловольтметр С96. Переносный лабораторный трехпредельный прибор с непосредственным отсчетом для измерения напряжений в цепях постоянного и переменного тока.

Переключающиеся верхние пределы измерения 7,5; 15 и 30 *кв*.

Класс точности 1,5 при измерениях на частотах до 5 *Мгц*; на частотах от 5 до 20 *Мгц* погрешность не превышает ± 3%.

Входная емкость не более 12 *пф*, собственная резонансная частота не менее 160 *Мгц*.

Габариты 552 × 278 × 232 *мм*. Вес 11 *кг*, вес в футляре 18 *кг*.

Киловольтметр ФС-30. Переносный однопредельный прибор, применяющийся в лабораторных и цеховых условиях для измерения напряжений в цепях постоянного и переменного тока частотой до 10 *Мгц*. Подвижная часть измерительного механизма опирается на корундовые подпятники, а не подвешена на растяжках, как в С96, что исключает необходимость установки прибора по уровню.

Погрешность в пределах рабочей части шкалы не более ± 2,5%. Шкала неравномерная; рабочая часть в пределах 30% ÷ 100% ее номинального значения.

Входная емкость 15 *пф*, сопротивление изоляции не менее 50 *Мом*.

Габариты 332 × 232 × 565 *мм*. Вес 11,5 *кг*.

§ 8-19. Приборы термоэлектрической системы

Приборы термоэлектрической системы состоят из высокочувствительного измерительного прибора постоянного тока (магнитоэлектрической системы) и термопреобразователя с термопарой (см. 613), входящего в комплект вместе с калиброванными проводами для подключения термопреобразователя к прибору. Измеряемый переменный ток, протекая по нити термопреобразователя, нагревает спай термопары. Возникающая в термопаре термоэлектродвижущая сила приводит к возникновению тока в подключенном к термопаре измерительном приборе. Измерительный прибор постоянного тока градуируется в значениях переменного тока, протекающего через термопреобразователь.

Используются в качестве измерителей переменного тока с частотой до 50 *Мгц*. Шкалы приборов неравномерные (имеют квадратичный характер), так как количество тепла, выделяемого в термоэлементе, пропорционально квадрату тока.

Амперметр ПМТ-70 (с термопреобразователем ТП-2). Щитовой однопредельный малогабаритный тряскоустойчивый прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы переменного тока частотой от 50 *гц* до 7,5 *Мгц*; нашел широкое применение в качестве антенного амперметра в радиоустановках.

Пределы измерения: 1; 2; 3; 5; 6 *а*.

Класс точности 2,5.

Измеритель круглый диаметром 70 *мм* и толщиной (без выводов) 45 *мм*; вес около 120 *г*.

Термопреобразователь прямоугольный; габариты 69 × 34 × 21 *мм*. В комплект также входят соединительные калиброванные проводники для подключения термопреобразователя к измерительному прибору. Общий вес 380 *г*.

Амперметр Т4 (с термопреобразователем Т1 и Т2). Щитовой малогабаритный тряскопрочный однопредельный прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы тока в цепях высокой частоты от 0,3 до 7,5 *Мгц*.

Пределы измерения: 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50 *а*.

Погрешность не превышает ± 5%.

Измеритель круглый диаметром 80 *мм* и толщиной (без выводов) 40 *мм*; вес 300 *г*.

Термопреобразователь Т1 (до 10 *а*) прямоугольный; габариты 70 × × 40 × 25,6 *мм*; вес 180 *г*.

Термопреобразователь Т2 (свыше 10 *а*) прямоугольный; габариты 126 × 40 × 40,5 *мм*; вес 370 *г*.

Амперметр Т5 (с термопреобразователем Т1). Щитовой малогабаритный тряскопрочный прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы тока в цепях высокой частоты от 0,3 до 7,5 *Мгц*.

Пределы измерения: 1; 2; 3; 5; 10 *а*.

Погрешность не превышает ± 5%.

Измеритель круглый диаметром 60 *мм* и толщиной (без выводов) 37,5 *мм*; вес 180 *г*.

Термопреобразователь Т1 прямоугольный; габариты 70 × 40 × 25,6 *мм*; вес 180 *г*.

Амперметр Т12 (с термопреобразователем Т101). Переносный однопредельный лабораторный прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы переменного тока.

Прибор изготовляется на один из следующих трех пределов измерения: 5, 10 или 20 *а*.

Класс точности 1,5 при измерениях на частотах от 50 *гц* до 5 *Мгц*; при частотах от 5 до 25 *Мгц* погрешность не превышает ±3%.

Потребляемая мощность (на частоте 50 *гц*): у амперметра на 5 *а* не более 1 *вт*, на 10 *а* не более 2 *вт*, на 20 *а* не более 4 *вт*.

Время успокоения не более 6 *сек*.

Габариты прибора (всего комплекта) в футляре 380 × 315 × 140 *мм*. Вес около 6,5 *кг*.

Миллиамперметр Т13 (с термопреобразователем Т102 или Т103). Переносный лабораторный однопредельный прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы постоянного и переменного тока с частотой от 50 *гц* до 50 *Мгц*.

Прибор изготовляется на один из следующих одиннадцати пределов измерения: 1; 3; 5; 10; 30; 50; 100; 300; 500 *ма*; 1; 3 *а*.

Класс точности 1,5.

Потребляемая мощность (на постоянном токе) не более: 0,75 *мвт* при верхнем пределе 1 *ма*; 0,6 *вт* при верхнем пределе 3 *а*.

Габариты прибора (всего комплекта) в футляре 380 × 280 × 140 *мм*. Вес не более 6 *кг*.

Миллиамперметр Т20. Щитовой однопредельный малогабаритный тряскопрочный прибор с непосредственным отсчетом для измерения силы переменного тока частотой от 50 *гц* до 100 *Мгц*.

Пределы измерения: 75, 100 и 250 *ма*.

Погрешность не более ±5%.

Измерительный механизм и термопреобразователь заключены в общий круглый корпус диаметром 60 *мм* и толщиной 37,5 *мм*.

Вес 180 *г*.

§ 8-20. Приборы детекторной системы

Детекторные измерительные приборы служат для измерения силы тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока низкой частоты (до 10 000 *гц*). Обычно они представляют собой многопредельные комбинированные приборы, состоящие из купроксного или селенового выпрямителя, нагруженного высокочувствительным магнитоэлектрическим прибором; в некоторых приборах предусматривается возможность измерения сопротивлений.

Ампервольтомметр АВО-5М. Переносный технический многопредельный комбинированный прибор для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока низкой частоты (от 50 до 1000 *гц*), а также для измерения сопротивления.

Рассчитан на использование в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Верхние пределы измерения:

постоянного и переменного напряжения 3; 12; 30; 300; 600; 1200; 6000 *в*;

переменного тока 3; 30; 120 *ма* и 1,2; 12 *а*;

сопротивления 3; 300 *ком* и 30 *Мом*.

Основная погрешность не превышает:

±3% при измерении постоянного напряжения и тока;

±5% при измерении переменного напряжения и тока на частоте 50 *гц* и

±10% при других частотах в диапазоне от 59 до 1000 *гц*;

±10% при измерениях сопротивлений (в рабочем участке шкалы).

Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения 20 *ком/в*, переменного напряжения 2 *ком/в*.

Питание прибора при работе омметром осуществляется от сухих батарей, расположенных в футляре прибора:

2С-Х-6 (1,5 *в*, 6 *а-ч*) при измерении сопротивлений до 300 *ком*;

5 шт. батарей КБС (22,5 *в*, 0,35 *а-ч*) для предела 30 *Мом*.

Габариты 270 × 220 × 220 *мм*. Вес 8,5 *кг*.

Ампервольтомметр ТТ-2. Переносный технический многопредельный комбинированный прибор для измерения постоянного тока и постоянного и переменного напряжений низкой частоты (от 50 до 5000 *гц*), а также для измерений сопротивления.

Применяется преимущественно при измерениях в радиосхемах в лабораторной и цеховой практике.

Верхние пределы измерения:

постоянного тока 0,3; 3; 30; 300; 750 *ма*;

постоянного и переменного напряжения 7,5; 30; 75; 150; 300; 900 *в*; сопротивления 200 *ом*, 20 и 200 *ком*, 2 *Мом*.

Основная погрешность не превышает:

±2,5% при измерении тока;

±4% при измерении напряжения при частоте до 1000 *гц*;

±8% при измерении напряжения при частоте до 5000 *гц*;

±4% при измерении сопротивления.

Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения — 5 *ком* на 1 *в*.

Питание прибора при работе омметром осуществляется от размещаемых в корпусе прибора четырех элементов тока ФБС сухой батареи.

Габариты 215 × 115 × 75 *мм*. Вес около 1,6 *кг*.

Ампервольтомметр Ц-20. Переносный технический многопредельный прибор для измерения постоянных и переменных (до 5000 *гц*) напряжений и сил тока, а также для измерения сопротивлений постоянному току.

Применяется при измерениях с невысокой точностью в лабораторной и цеховой практике.

Верхние пределы измерения:
тока 0,3; 3; 30; 300; 750 *ма*;
постоянного напряжения 1,5; 6; 30; 120; 600 *в*;
переменного напряжения 7,5; 30; 150; 600 *в*;
сопротивления 1; 10; 100; 1000 *ком*.
Основная погрешность не превышает ±4%.
Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения 10 000 *ом/в*, переменного напряжения 2000 *ом/в*.
Габариты 208 × 213 × 75 *мм*. Вес 1,3 *кг*.

Ампервольтомметр Ц-51. Переносный технический многопредельный прибор для измерения постоянных и переменных (до 10 *кгц*) напряжений и сил тока, а также сопротивлений постоянному току.
Применяется в лабораторных, цеховых и полевых условиях.
Верхние пределы измерения:
напряжения 3; 7,5; 30; 75; 150; 300; 600 *в*; с добавочным сопротивлением 7500 *в* (постоянное), 6000 *в* (переменное):
постоянного тока 75; 300 *мка*; 3; 15; 30; 150 *ма*; 1,5; 15 *а*;
переменного тока 3; 15; 30; 150 *ма*; 1,5; 15 *а*;
сопротивлений 3; 300 *ком*; 3; 30 *Мом*.
Основная погрешность не более ±2,5%.
Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения 20 000 *ом/в*, переменного — 2000 *ом/в*.
Габариты 185 × 265 × 135 *мм*. Вес 4 *кг*.

Ампервольтомметр Ц-52. Переносный технический многопредельный прибор для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока с частотой до 1000 *гц*, сопротивлений постоянному току, емкостей и уровня передачи (т. е. отношения двух напряжений в децибелах).
Применяется в лабораторных, цеховых и полевых условиях.
Пределы измерения:
постоянного напряжения от 2,5 *мв* до 7500 *в*;
переменного напряжения от 0,3 до 6000 *в*;
постоянного тока от 5 *мка* до 6 *а*;
переменного тока от 0,3 *ма* до 10 *а*;
емкостей от 0,005 до 10 *мкф*;
уровня передачи от —10 до +12 *дб*.
Основная погрешность не более ±2,5%.
Входное сопротивление при измерениях постоянных напряжений 20 000 *ом/в*, переменных — 2000 *ом/в* (кроме шкал 3 и 7,5 *в*, где 1000 *ом/в*).
Габариты 110 × 205 × 80 *мм*. Вес 1,3 *кг*.

Ампервольтомметр Ц-315. Переносный технический многопредельный прибор для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока с частотой до 1000 *гц* и сопротивлений постоянному току.
Применяется в лабораторных, цеховых и полевых условиях.
Верхние пределы измерений:
напряжения 2,5; 10; 25; 100; 250; 500; 1000 *в*;
силы тока 2,5; 10; 25; 100; 250 *ма*; 1; 5 *а*;
сопротивления 5; 50; 500 *ком*; 5 *Мом*.
Основная погрешность не более ±2,5%.
Входное сопротивление при измерении постоянных напряжений 1000 *ом/в*, переменных — 400 *ом/в* (кроме шкалы 2,5 *в*, где 250 *ом/в*).
Габариты 210 × 130 × 90 *мм*. Вес 1,6 *кг*.

Вольтамперметр Ц-312. Переносный технический многопредельный прибор для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока низкой частоты (от 50 до 500 *гц*).
Применяется при измерениях с невысокой точностью в лабораторной и цеховой практике.
Верхние пределы измерения:
тока 0,003; 0,015; 0,06; 0,3; 1,5; 6,0 *а*;
напряжения 0,075; 1,5; 6,0; 15; 60; 150; 300; 600 *в*.

Основная погрешность не превышает: ±1,5% на постоянном и ±2,5% на переменном токе.

Входное сопротивление при измерении напряжения 333 *ом/в*.

Габариты 180 × 120 × 70 *мм*. Вес 1,3 *кг*.

Измеритель выхода приемников ИВП-2. Переносный технический четырехпредельный вольтметр переменного тока в диапазоне частот от 50 до 15 000 *гц*.

Применяется в условиях лабораторий, цехов и ремонтных мастерских.

Пределы измерения от 0,05 до 150 *в*.

Основная погрешность не более ±4%.

Входное сопротивление 20 000 *ом/в*.

Габариты 160 × 100 × 70 *мм*. Вес 1,4 *кг*.

Измеритель выхода ИВ-4. Переносный портативный шестипредельный купроксный вольтметр, предназначенный для измерения переменных напряжений звуковых частот (в диапазоне от 50 до 5000 *гц*), главным образом на выходе радиоприемных устройств. Питания не требует.

Пределы измерения: 0,5—3; 1—6; 2,5—15; 10—60; 50—300 *в*.

Погрешность не превышает ±10% во всем диапазоне частот от 50 до 5000 *гц*.

Входное активное сопротивление около 20 *ком*.

Вес 1,4 *кг*.

Глава 8-5

РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ *)

В этой главе описываются радиотехнические измерительные приборы общего применения, серийно выпускаемые отечественной промышленностью, приборы, вновь разработанные и намеченные к серийному производству, а также некоторые снятые с производства, но широко распространенные приборы.

Поскольку каждый радиотехнический прибор снабжается заводским описанием и инструкцией по пользованию, в данном разделе содержатся только самые основные сведения, необходимые при выборе нужного прибора. Эти сведения включают в себя: краткую характеристику прибора, основные технические характеристики и сведения о конструктивном оформлении, габаритах и весе.

Приборы разделены на группы по видам измерений, а не по принципу действия.

§ 8-21. Измерители напряжения

Вольтметр ламповый универсальный ВЛУ-2. Переносный шестипредельный прибор для измерения постоянных и переменных напряжений в лабораторных и цеховых условиях. Выпускается взамен снятого с производства ВКС-7Б.

Основные верхние пределы измерений при непосредственном включении прибора: 1,5; 5; 15; 50 и 150 *в*. Минимальная цена деления (на первом пределе) 0,1 *в*.

К прибору могут быть приданы делители напряжений для увеличения верхних пределов измерения следующих типов: делитель ДНС-8 до 15 *кв* постоянного тока; делитель ДНБ-7 до 5 *кв* переменного тока в области частот от 20 *гц* до 5 *кгц*; делитель ДНЕ-6 до 5 *кв* переменного тока частотой от 5 *кгц* до 30 *Мгц*.

---

*) Более подробные сведения можно найти в книге: К. Д. Осипов, В. В. Пасынков, Справочник по радиоизмерительным приборам, ч. 2, 3, 4, М., 1959.

Основная погрешность не превышает:

±2,5% при измерениях постоянного и переменного тока частоты 50 *гц*;

±3% при измерениях переменного тока в области частот от 50 *гц* до 100 *Мгц*;

±15% при измерении переменного тока в области частот от 100 до 400 *Мгц* (с помощью пробника — выносной головки).

Входное активное сопротивление не менее: 25 *Ком* на постоянном токе; 10 *Ком* при частоте 50 *гц*; 50 *ком* при частоте 100 *Мгц*.

Входные емкости выносных головок (пробников) не более: 7 *пф* низкочастотной, 3 *пф* высокочастотной.

Собственные резонансы около 350 *Мгц* низкочастотный и около 1050 *Мгц* — высокочастотный.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ±10%; потребляемая мощность около 65 *вт*.

Габариты 260 × 270 × 210 *мм*. Вес 10 *кг*.

Ламповый вольтомметр А4-М2. Переносный прибор для измерения постоянных и переменных напряжений, сопротивлений, индуктивностей и емкостей в условиях эксплуатации и ремонта радиоаппаратуры.

Диапазоны измерения и погрешности:

постоянного напряжения от 0,1 до 1000 *в* ±4%, при использовании выносного делителя до 8000 *в* ±8%;

синусоидального напряжения при частоте 50 *гц* от 0,1 до 1000 *в* ±5%; при частотах до 3 *кгц* и напряжении до 150 *в* погрешность увеличивается более чем на 6%;

сопротивлений от 1 *ом* до 100 *Ком* ±10%;

индуктивностей от 100 *мгн* до 10^5 *гн* ±15%;

емкостей от 100 *пф* до 100 *мкф* ±15%.

Входное сопротивление при измерении напряжения постоянного тока не менее 10 *Ком*. Входная емкость при использовании высокочастотного щупа не более 7 *пф*.

Питание: переменный ток 50 или 400 *гц* напряжением 220, 127 или 115 *в*; потребляемая мощность не более 35 *вт*.

Габариты 309 × 192 × 232 *мм*. Вес 7,2 *кг*.

Ламповый вольтметр ЛВ-9-2. Переносный десятипредельный прибор для измерения синусоидальных напряжений звуковых и ультразвуковых частот в лабораторных и цеховых условиях.

Верхние пределы измерений: 10; 30; 100; 300 *мв* и 1; 3; 10; 30; 100; 300 *в*.

Основная погрешность не превышает:

± 5% в области частот от 25 *гц* до 45 *гц*;

± 2,5% в области частот от 45 *гц* до 50 *кгц*;

± 10% в области частот от 50 *кгц* до 200 *кгц*.

Входное активное сопротивление не менее 0,5 *Ком* на частоте 1000 *гц*. Входная емкость не более 40 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ±10%; потребляемая мощность около 25 *вт*.

Габариты 330 × 220 × 215 *мм*. Вес 9 *кг*.

Ламповый вольтметр ВК-2. Переносный многопредельный прибор для измерения постоянных и переменных напряжений от 0,1 до 1000 *в* с частотой до 10 000 *гц*, а также для измерений сопротивлений постоянному току от 0,2 *ом* до 500 *Ком*.

Применяется в условиях лабораторий, в заводских цехах и ремонтных мастерских.

Основная погрешность измерений не более ± 5%.

Входное сопротивление при измерении постоянного напряжения 11 *Ком*, переменного 1000 *ом/в*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 12 *вт*.

Габариты 272 × 172 × 108 *мм*. Вес 4,4 *кг*.

Ламповый вольтметр ЛВУ. Переносный многопредельный прибор для измерения напряжения от 1 *мв* до 100 *в* в диапазоне частот от 20 *гц* до 150 *кгц*. При использовании дополнительных декадного усилителя и делителей пределы измеряемых напряжений могут быть расширены от 30 *мкв* до 10 *кв*.

Применяется в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Основная погрешность измерений не более ± 3%.

Входное сопротивление 600 *ком*, входная емкость 40 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность около 30 *вт*.

Вольтметр импульсный ВИК-1. Переносный многопредельный прибор для измерения пикового значения импульсов напряжения длительностью от 0,2 до 100 *мксек* и скважностью от 10 до 2500. Для расширения пределов измерения прибору придаются делительные конденсаторы ДКН-1 и ДКВ-1.

Применяется в условиях лабораторий, заводских цехов и ремонтных мастерских.

Пределы измерения без делительных конденсаторов 50 ÷ 300 *в*, с делительными конденсаторами ДКН-1—1,5 ÷ 5 *кв*.

Основная погрешность без делительных конденсаторов не более ±3%, с делительными конденсаторами не более ± 10%. Показания прибора от формы импульса практически не зависят.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 100 ÷ 240 *в* или 400, 600, 800 *гц*, напряжением 115 *в*, 220 *в*; потребляемая мощность около 100 *вт*.

Габариты 220 × 270 × 360 *мм*. Вес около 12 *кг* (без делительных конденсаторов).

Вольтметр ламповый импульсный ВЛИ-2. Переносный двухпредельный прибор для измерения импульсных напряжений и амплитуды синусоидальных напряжений в условиях лабораторий, цехов и контрольно-ремонтных станций.

Верхние пределы измерения пиковых значений напряжений 50 и 300 *в*.

К прибору придаются емкостные двухсекционные делители напряжения для расширения верхних пределов измерения: ДНЕ-3 до 1,5 *кв* и 5 *кв*; ДНЕ-9 до 15 *кв* и 50 *кв*.

Основная погрешность не превышает: ± 5% при измерении импульсов длительностью от 0,2 до 100 *мксек* и скважностью от 50 до 2500.

Входное активное сопротивление не менее: 0,5 *Мом* на частотах до 4 *Мгц* и 0,2 *Мом* на частотах до 10 *Мгц*. Входная емкость не более 12 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%, а также переменный ток 400 и 800 *гц* напряжением 115 *в* ± 5%; потребляемая мощность около 30 *вт*.

Габариты 280 × 219 × 210 *мм*. Вес 4,6 *кг*.

Милливольтметр ламповый МВЛ-1. Переносный пятипредельный прибор для измерения малых напряжений синусоидальной формы от 30 *гц* до 10 *Мгц* в лабораторных и цеховых условиях.

Основные верхние пределы измерения при непосредственном включении прибора: 10; 30; 100; 300 и 1000 *мв*.

К прибору придается делитель напряжения, увеличивающий верхние пределы до 100 *в*.

Погрешность не превышает:

± 3% от 50 *гц* в области звуковых частот;

± 8% при частотах не более 5 *Мгц*;

± 13% от 5 *Мгц* до 10 *Мгц*.

Входное активное сопротивление не менее 1 *Мом*. Входная емкость 10 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 80 *вт*.

Габариты 340 × 270 × 150 *мм*. Вес 12 *кг*.

Милливольтметр ламповый МВЛ-2. Переносный восьмипредельный прибор для измерения синусоидальных напряжений от 30 *гц* до 1 *Мгц* в лабораторных и цеховых условиях.

Верхние пределы измерения: 30; 100; 300 *мв* и 1; 3; 10; 30; 300 *в*.

Погрешность не превышает ± 8% во всем диапазоне от 30 *гц* до 1 *Мгц*.

Входное активное сопротивление на частоте 1000 *гц* около 1 *Мом*. Входная емкость не более 30 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 и 220 *в*; потребляемая мощность около 30 *вт*.

Габариты 270 × 210 × 150 *мм*. Вес 7 *кг*.

Милливольтметр импульсный МВИ-1. Переносный шестипредельный прибор для измерения малых импульсных напряжений прямоугольной формы и амплитуды синусоидальных напряжений.

Верхние пределы измеряемых пиковых напряжений: 10; 30; 100; 300; 1000; 3000 *мв*.

При использовании внешнего делителя верхние пределы измерения расширяются до 300 *в*.

Погрешность не превышает ± 4% при измерении импульсов длительностью от 1 до 200 *мксек* и скважностью от 100 до 500.

Входное активное сопротивление 1 *Мом* на частоте 500 *кгц*. Входная емкость не более 10 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 120 *вт*.

Габариты 360 × 270 × 180 *мм*. Вес 13 *кг*.

§ 8-22. Измерители мощности

Измеритель малых мощностей ВИМ-1. Переносный лабораторный прибор для измерения мощности непрерывных и импульсно-модулированных колебаний с помощью сменных термисторных головок, набор которых придается к прибору.

Шкалы прибора: 0—6; 0—20; 0—60; 0—200; 0—600; 0—2000; 0—6000 *мквт*.

Наименьшая измеряемая мощность 2 *мквт*. Диапазон длин волн определяется характеристиками применяемых термисторных головок (от 1 *м* до 8 *мм*).

Погрешность на шкале 0—6 *мквт* составляет ± 0,55 *дб*, на остальных шкалах не более ± 0,22 *дб*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 45 *вт*.

Габариты 260 × 374 × 335 *мм*. Вес 14 *кг*.

Измеритель малых мощностей ИММ-6. Переносный прибор для измерения среднего значения мощности высокочастотных колебаний в условиях лабораторий, цехов и контрольно-ремонтных станций.

Пределы измерений: от 0,1 до 1000 *мвт* в области частот от 20 до 3000 *Мгц*.

Входное сопротивление 75 *ом*.

Основная погрешность не более:

± 7% в пределах от 0,1 до 10 *мвт*;

± 10% в пределах от 10 до 1000 *мвт*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 15% и 400 *гц* напряжением 115 *в* ± 3%.

Габариты 360 × 240 × 240 *мм*. Вес 16 *кг*.

Измеритель средних мощностей ИСМ-2. Переносный прибор для измерения мощности высокочастотных генераторов как в непрерывном, так и в импульсном режиме в условиях лабораторий, цехов и контрольно-ремонтных станций.

Пределы измерений:

от 0,25 до 15 *вт* при непрерывной генерации;

от 5 до 5000 *вт* при импульсной модуляции.

Область частот от 30 до 1000 *Мгц*.
Погрешность не превышает:
± 15% от измеряемой величины при непрерывной генерации;
± 20% от измеряемой величины при импульсной модуляции.
Входное сопротивление 75 *ом*.
Питание: переменный ток частотой 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* + 5%, — 15% и частотой 400 *гц* напряжением 115 *в* ± 3%; потребляемая мощность около 33 *вт*.
Габариты 340 × 214 × 240 *мм*. Вес около 12 *кг*.

Измеритель больших мощностей ИБМ-2. Переносный прибор для измерения импульсной мощности высокочастотных генераторов в условиях лабораторий, цехов и контрольно-ремонтных станций; одновременно служит эквивалентом высокочастотной нагрузки.
Пределы измерения: от 0,5 до 500 *квт* импульсной мощности при средней мощности не более 0,5 *квт*.
Область частот от 30 до 1000 *Мгц*.
Погрешность не превышает ± 20% от измеряемой величины.
Входное сопротивление 75 *ом*.
Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* + 5%, — 15%; потребляемая мощность не более 200 *вт*.
Габариты 360 × 300 × 420 *мм*. Вес около 40 *кг*.

§ 8-23. Измерители частоты

Измеритель частоты ИЧ-6. Переносный прибор для измерения звуковых и ультразвуковых частот в лабораторных и цеховых условиях.
Пределы измерения: от 10 *гц* до 200 *кгц* на 11 диапазонах.
Основная погрешность не превышает ± 2%.
Минимальное входное напряжение измеряемой частоты не более 1 *в*.
Входное активное сопротивление не менее 50 *ком*.
Входная емкость не более 30 *пф*.
Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*.
Габариты 454 × 291 × 280 *мм*. Вес 15 *кг*.

Стандарт частоты СЧ-54. Стационарный прибор, дающий сигналы дискретных высокостабильных частот; рассчитан на эксплуатацию в закрытом помещении.
Диапазон дискретных стандартных частот от 100 *гц* до 25 *Мгц*.
Точность калибровки градуируемых частот 10^{-7}, относительный уход частоты в течение 24 часов непрерывной работы в нормальных условиях не превышает 10^{-7}.
Питание: переменный ток 50 *гц* ± 1% напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 440 *вт*.
Габариты 1230 × 570 × 385 *мм*. Вес 150 *кг*.

Кварцевый калибратор КК-6. Переносный лабораторный прибор, предназначенный для проверки точности градуировки приемников и передатчиков.
Основные частоты калибратора 125 и 1250 *кгц*.
Прибор обеспечивает дискретную градуировку в диапазоне от 125 *кгц* до 20 *Мгц* с использованием 80 гармоник частоты 125 *кгц* и 16 гармоник частоты 1250 *гц*.
Погрешность не более ± 0,01% от измеряемой частоты.
Питание от аккумуляторных или сухих батарей. Накал: 5,5 *в*, 0,6 *а*; анод: 150 *в*, 8 *ма*.
Габариты 160 × 100 × 70 *мм*. Вес 1,2 *кг*.

Волномер-гетеродин 526. Переносный прибор для измерения, градуировки и периодического контроля частоты радиоприемной аппаратуры и радиопередатчиков; используется в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Пределы измерения от 125 *кгц* до 20 *Мгц*. Указанный диапазон перекрывается за счет гармоник плавного генератора с двумя диапазонами: от 125 до 250 *кгц* и от 2 до 4 *Мгц*.

Погрешность градуировки волномера в нормальных условиях не превышает 50 *гц* на первом диапазоне и 400 *гц* на втором диапазоне.

Питание постоянным током. Накал: 6 *в*, 1 *а*; анод: 120 *в*, 15 *ма*.

Габариты 360 × 260 × 250 *мм*. Вес 17 *кг*.

Волномер-гетеродин 527. По техническим данным аналогичен волномеру-гетеродину 526. Отличается схемой блока питания и наличием выпрямителя; не предназначается для использования в полевых условиях.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*.

Габариты: волномера 235 × 270 × 280 *мм*; выпрямителя 230×260× × 250 *мм*.

Вес: волномера 7,8 *кг*; выпрямителя 7,5 *кг*.

Волномер-гетеродин 528. Аналогичен волномеру-гетеродину 527. Отличается дистанционным управлением и экранировкой проводов питания и телефона. Вес волномера 8 *кг*.

Волномер-гетеродин 530. Стационарный лабораторный двенадцатидиапазонный прибор с непосредственным отсчетом; предназначен для проверки градуировки и точности установки частоты приемников и передатчиков в режиме непрерывных колебаний.

Диапазон измеряемых частот от 1,5 до 25 *Мгц*.

Погрешность в нормальных условиях не превышает 400 *гц*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*±10%; потребляемая мощность около 400 *вт*.

Вес всего комплекта прибора 153 *кг*.

Гетеродинный волномер широкодиапазонный ГВШД. Лабораторный прибор для измерения высокой частоты с большой точностью. С его помощью возможно определение мгновенной нестабильности (частотных флуктуаций) измеряемой частоты.

Диапазон измеряемых частот от 30 до 3500 *Мгц*.

Максимальная точность измерения порядка 10^{-6}.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность около 200 *вт*.

Габариты 660 × 420 × 470 *мм*. Вес около 60 *кг*.

Волномер малой точности ВМТ-1. Переносный резонансный прибор для измерения частоты непрерывных и импульсных сигналов сверхвысоких частот в лабораторных и полевых условиях. Питания не требует.

Диапазон измеряемых частот от 150 до 375 *Мгц*.

Основная погрешность не более ± 0,5% при пользовании градуировочными таблицами.

Габариты 250 × 200 × 170 *мм*. Вес 6,5 *кг*.

Волномер средней точности ВСТ-1. Переносный резонансный волномер для измерения частоты непрерывных и импульсно-модулированных колебаний сверхвысоких частот в условиях лабораторий, цехов и контрольно-ремонтных станций.

Диапазон измеряемых частот от 150 до 240 *Мгц*.

Основная погрешность не более ± 0,05%.

Питание: переменный ток 50, 400 или 800 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%.

Габариты 348 × 210 × 240 *мм*. Вес 22 *кг*.

Волномер средней точности ВСТ-2. Аналогичен волномеру средней точности ВСТ-1. Отличается диапазоном измеряемых частот (от 237 до 375 *Мгц*).

Резонансный волномер 513. Переносный прибор для измерения частоты непрерывных или импульсных сигналов в лабораториях и на контрольно-ремонтных станциях.

Пределы измерения: от 50 *кгц* до 50 *Мгц* на шести поддиапазонах.

Основная погрешность не более ± 0,25%.

Питание от сухой батареи типа 3С-Л-30 (стр. 652).

Габариты 300 × 350 × 520 *мм*.

Резонансный волномер РВД. Переносный прибор для измерения сверхвысоких частот в условиях лабораторий и ремонтно-контрольных станций.

Диапазон измеряемых частот от 600 до 2000 *Мгц*.

Основная погрешность не превышает ± 0,07% при пользовании градуировочной таблицей и ± 0,6% по шкале непосредственного отсчета.

Габариты 430 × 240 × 240 *мм*. Вес 12 *кг*.

§ 8-24. Измерители индуктивности, емкости, сопротивления и добротности

Универсальный мост УМ-3. Переносный прибор для измерения сопротивлений на постоянном токе, индуктивностей и емкостей на переменном токе 100 *гц* и 1000 *гц*, а также для измерения добротности и тангенса угла потерь конденсаторов.

Пределы и погрешности измерений:

сопротивлений от 1 до 10 *ом* ± 3% ± 0,02 *ом*, от 10 *ом* до 100 *ком* ± ± 1%, от 100 *ком* до 1 *Мом* ± 3%, от 1 до 5 *Мом* ± 5%;

индуктивностей от 10 до 100 *мкгн* ± 1% ± 2 *мкгн*, от 100 *мкгн* до 10 *гн* ± 1%, от 10 до 100 *гн* ± 5%;

емкость от 10 до 100 *пф* ± 1% ± 2 *пф*, от 100 *пф* до 10 *мкф* ± 1%, от 10 до 100 *мкф* ± 3%;

добротностей от 0,1 до 500 ± 10% ± 0,1;

тангенсов углов потерь от 0,001 до 0,5 ± 10% ± 10^{-3}.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность около 30 *вт*.

Габариты 598 × 357 × 293 *мм*. Вес 21 *кг*.

Измеритель индуктивностей и емкостей высокочастотный ИИЕВ-1. Переносный прибор для измерения емкостей конденсаторов с малыми потерями и малых индуктивностей в лабораториях и цеховых условиях.

Пределы и погрешности измерений:

индуктивностей от 0,5 *мкгн* до 0,1 *гн* ± 1,5%;

емкостей от 1 до 10 *пф* ± 5% ± 0,05 *пф*; от 10 до 5000 *пф* ± 0,5% ± 0,4 *пф*.

Измерение индуктивностей производится на частотах в диапазоне от 10,5 *кгц* до 1,55 *Мгц*, а емкостей — от 700 до 300 *кгц*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%.

Габариты 480 × 300 × 300 *мм*. Вес 25 *кг*.

Измеритель индуктивностей низкочастотный ИИН-3. Стационарный прибор для измерения индуктивности и добротности различных катушек в фиксированном режиме (при различных значениях тока подмагничивания и при частотах питающего переменного напряжения 50, 100, 400 и 1000 *гц*); используется в цеховых и лабораторных условиях.

Пределы и погрешность измерения:

индуктивности от 0,1 до 1000 *гн* ± 5%;

добротности от 0,5 до 100 ± 10%.

Ток подмагничивания до 100 *ма* при сопротивлении провода измеряемой катушки не более 1000 *ом*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%; потребляемая мощность около 280 *вт*.

Габариты (без выступающих частей) 514 × 756 × 420 *мм*. Вес 75 *кг*.

Омметр М57. Переносный технический малогабаритный прибор для грубых измерений сопротивлений от 10 до 5000 *ом* в цеховой практике и на месте монтажа радио- и электроустановок.

Погрешность при измерениях сопротивлений от 80 до 500 *ом* не более ± 10%, от 20 до 1500 *ом* не более ± 22%, в остальных частях шкалы — не нормирована.

Питание от сухой батареи напряжением 4,4 *в*, которая вставляется в футляр прибора.

Габариты 170 × 72 × 40 *мм*. Вес 300 *г*.

Омметр многопредельный М218. Переносный восьмипредельный прибор сравнительно высокой точности для измерения сопротивления от 0,1 *ом* до 10 *Мом* в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Основная погрешность не превышает ± 1,5% длины шкалы для сопротивлений от 1 *ом* до 1 *Мом* и ± 2,5% длины шкалы для всех других сопротивлений.

Питание от сети переменного тока частотой от 50 до 800 *гц* напряжением 127 и 220 *в* или от источника постоянного тока 6 *в* через приставку — вибропреобразователь П41, поставляемую к прибору по заказу.

Габариты: прибора 290 × 220 × 135 *мм*; приставки 125 × 200 × 118 *мм*. Вес: прибора 6,5 *кг*; приставки 3 *кг*; вес всего комплекта в футляре 14 *кг*.

Микроомметр многопредельный М246. Переносный пятипредельный прибор для измерения малых сопротивлений проводов, контактов, металлизации, экранировок и т. п. в лабораторных, цеховых и полевых условиях.

Пределы измерений: 100 и 1000 *мком*; 10, 100 и 1000 *мом*.

Основная погрешность не превышает ± 3,5% от длины шкалы при изменении сопротивлений до 100 *мком* и ± 2,5% от длины шкалы на всех других пределах.

На пределе 100 *мком* через измеряемое сопротивление проходит ток 20 *а*.

Питание от сети переменного тока частотой от 50 до 800 *гц* напряжением 127 и 220 *в* или от аккумулятора 2,5 *в* типа 2НКН-60.

Габариты 170 × 280 × 350 *мм*. Вес 11 *кг*; вес прибора в футляре с комплектом вспомогательных принадлежностей 18 *кг*.

Прецизионный мост сопротивлений широкого диапазона ПМСШД-1. Переносный лабораторный прибор высокой точности (класса 0,1), позволяющий производить измерения сопротивлений в пределах от 10 до 10^{13} *ом* с погрешностью не более ± 0,1% и в пределах от 10^{13} до 10^{14} *ом* с погрешностью не более ± 0,5%.

Питание от сухих элементов и аккумуляторных батарей. Мост потребляет 190 *в*, 10 *ма*; усилитель — 15 *в*, 130 *ма*.

Габариты 275 × 516 × 716 *мм*. Вес 40 *кг*.

Мегомметр М1101. Переносный технический прибор с ручным приводом для измерения сопротивления изоляции электрических цепей в условиях лабораторий, цехов и при монтаже электро- и радиотехнических устройств.

Приборы изготовляются в трех модификациях:

а) с верхним пределом 100 *Мом*, рабочее напряжение 100 *в*;

б) с верхним пределом 500 *Мом*, рабочее напряжение 500 *в*;

в) с верхним пределом 1000 *Мом*, рабочее напряжение 1000 *в*.

Основная погрешность не превышает ± 1% длины шкалы при нормальных условиях измерения.

Габариты 195 × 130 × 150 *мм*. Вес 3,6 *кг*.

Мегомметр МОМ-2М. Переносный прибор для измерения высокоомных сопротивлений, изоляции конденсаторов, кабелей и других деталей в лабораторных и цеховых условиях.

Пределы измерений от 100 *ом* до 1000 *Мом*.

Погрешность ± 1,5%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность не более 50 *вт*.

Габариты 300 × 220 × 215 *мм*. Вес 9 *кг*.

Измеритель добротности (куметр) КВ-1. Переносный прибор для измерения параметров деталей радиочастотных контуров в широком диапазоне частот (от 50 *кгц* до 50 *Мгц*) в лабораторных и цеховых условиях.

Пределы измерения добротности от 25 до 625.

Погрешность в пределах от 50 до 250 не превышает ± 5%, при других значениях добротности — не более ± 10%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 60 *вт*.

Габариты 568 × 290 × 220 *мм*. Вес 14 *кг*.

Измеритель добротности (куметр) УК-1. Переносный прибор для измерения параметров деталей высокочастотных контуров в диапазоне частот от 30 до 200 *Мгц* в лабораторных и цеховых условиях.

Пределы измерения добротности от 80 до 1200.

Погрешность в пределах от 100 до 300 при частотах до 100 *Мгц* не превышает ± 10%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 5%; потребляемая мощность около 60 *вт*.

Габариты 505 × 235 × 225 *мм*. Вес 10 *кг*.

§ 8-25. Приборы для наблюдения электрических процессов и измерения их характеристик

В этом параграфе приводятся широко используемые электронные осциллографы и измерительные приборы осциллографического типа с электронно-лучевой трубкой в качестве индикатора. Этот параграф, как и другие, не претендует на исчерпывающую полноту, поскольку в настоящее время существует много разных приборов осциллографического типа специального назначения для измерения как электрических, так и других величин. Характеристики этих специальных приборов в данный параграф не включены.

Электронный осциллограф ЭО-4. Переносный прибор для визуального наблюдения периодических электрических процессов со спектром частот в диапазоне от 2 *гц* до 150 *кгц* в лабораторных и цеховых условиях.

Электронно-лучевая трубка 13ЛО37, диаметр рабочей части экрана (минимальный) 114 *мм*.

Вертикальное отклонение луча:

Чувствительность регулируется в пределах от нуля до $2{,}8 \cdot 10^3$ *мм/в*.

Полоса частот усилителя от 2 *гц* до 150 *кгц* при неравномерности ± 10%; при частоте 0,5 *Мгц* спад усиления до 50%.

Входное активное сопротивление не менее 2 *Мом*; входная емкость около 40 *пф*.

Горизонтальное отклонение луча:

Чувствительность регулируется в пределах от 0 до 50 *мм/в*.

Полоса частот усилителя от 2 *гц* до 150 *кгц* при неравномерности ± 10%; при частоте 300 *кгц* спад усиления до 50%.

Входное активное сопротивление не менее 5 *Мом*; входная емкость около 35 *пф*.

Развертка луча по горизонтальной оси периодическая с плавным изменением частоты от 2 *гц* до 50 *кгц*. Генератор развертки синхронизируется либо внешним напряжением от 0,01 *в* (положение переключателя «внешн»), либо исследуемым сигналом (переключатель в положении «внутр»), либо напряжением питания («сеть»).

В приборе предусмотрена возможность непосредственной подачи исследуемых напряжений на пластины вертикального и горизонтального отклонения; имеется также вывод модулятора электронно-лучевой трубки для управления яркостью луча с помощью внешнего напряжения.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 120 или 220 *в*; потребляемая мощность 100 *вт*.

Габариты 425 × 233 × 565 *мм*. Вес 22 *кг*.

Электронный осциллограф ЭО-5. Переносный прибор для визуального наблюдения периодических электрических процессов со спектром

частот в диапазоне от 2 *гц* до 200 *кгц* в лабораторных и цеховых условиях.

Электронно-лучевая трубка 8ЛО29, диаметр рабочей части экрана (минимальный) 70 *мм*.

Вертикальное отклонение луча:

Чувствительность регулируется от 0 до 25 *мм/в*; максимальное входное напряжение 250 *в*.

Полоса частот усилителя от 2 *гц* до 200 *кгц* (при максимальном усилении).

Входное сопротивление 0,5 *Мом*; входная емкость около 60 *пф*.

Горизонтальное отклонение луча:

Чувствительность регулируется от 0 до 25 *мм/в*; максимальное входное напряжение 250 *в*.

Полоса частот усилителя от 10 *гц* до 100 *кгц* (при максимальном усилении).

Входное сопротивление 0,5 *Мом*; входная емкость около 50 *пф*.

Развертка луча по горизонтали периодическая с плавным изменением частоты от 2 *гц* до 200 *кгц*. Генератор развертки синхронизируется напряжением сети или исследуемым сигналом, или внешним напряжением.

В приборе предусмотрена возможность непосредственной подачи исследуемых напряжений на пластины вертикального и горизонтального отклонения; имеется также вывод модулятора электронно-лучевой трубки для управления яркостью луча с помощью внешнего напряжения.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 55 *вт*.

Габариты 361 × 207 × 400 *мм*. Вес 16 *кг*.

Электронный осциллограф ЭО-6М. Переносный прибор для визуального наблюдения непрерывных и импульсных электрических процессов, а также для измерения их длительности и напряжения. Прибор рассчитан на эксплуатацию в лабораторных, заводских, а при наличии питания переменным током и в полевых условиях.

Электронно-лучевая трубка 8ЛО29, диаметр рабочей части (минимальный) 70 *мм*.

Вертикальное отклонение луча:

Чувствительность усилителя плавно регулируется от нуля до максимальной, которая составляет не менее 24 *мм* от пика до пика на 1 *в эфф* синусоидального напряжения 100 *кгц*.

Полоса частот усилителя от 10 *гц* до 3 *Мгц* при неравномерности не более 3 *дб*. Спад плоской вершины длительностью 300 *мксек* не более 15%, выбросы на импульсе длительностью 10 *мксек* не превышают 15% от амплитуды импульса.

Входное сопротивление не менее 1,8 *Мом*, входная емкость около 55 *пф*.

Для возможности наблюдения переднего фронта импульсов усилитель снабжен линией задержки на 0,4 *мксек*.

На пластины вертикального отклонения можно подавать калиброванный по напряжению регулируемый сигнал. С помощью этого сигнала методом сравнения можно определять амплитуду наблюдаемых колебаний с погрешностью ± 10%.

Горизонтальное отклонение луча:

Чувствительность усилителя плавно регулируется от нуля до максимальной, которая составляет не менее 30 *мм* от пика до пика на 1 *в эфф* синусоидального напряжения 100 *кгц*.

Полоса частот усилителя от 10 *гц* до 500 *кгц* при неравномерности не более 2 *дб*.

Входное сопротивление не менее 80 *ком*; входная емкость не более 55 *пф*.

Ждущая развертка длительностью от 2,5 до 25 *мксек* (три поддиапазона) с частотой повторения от 10 *гц* до 10 *кгц* и длительностью 250 *мксек* с частотой повторения от 100 *гц* до 3 *кгц*.

Непрерывная развертка с плавным изменением частоты от 2 до 200 *кгц* (шесть поддиапазонов).

Запуск ждущей развертки производится напряжением от 3 *в*, синхронизация непрерывной развертки — от 1 *в*. Запуск и синхронизация могут осуществляться любым из трех способов: исследуемым сигналом, питающим переменным напряжением и внешним напряжением.

При измерении длительности наблюдаемых электрических процессов на катод трубки подаются калибрационные сигналы, создающие яркостные метки времени 0,5; 1,5 или 20 *мксек* ± 10%.

В приборе предусмотрена возможность подавать исследуемые напряжения на пластины вертикального и горизонтального отклонения.

Питание: переменный ток 50 или 400 *гц* напряжением 115, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность около 140 *вт*.

Габариты 230 × 363 × 437 *мм*. Вес около 18 *кг*.

Электронный малогабаритный осциллограф ЭМО-2. Переносный прибор для визуального наблюдения периодических и импульсных электрических процессов, а также для определения их длительности и амплитуды. Прибор рассчитан на эксплуатацию в полевых условиях.

Электронно-лучевая трубка 7ЛО55 с рабочим диаметром экрана 65 *мм*.

Вертикальное отклонение луча:

Полоса частот усилителя от 30 *гц* до 1 *Мгц* при неравномерности не более 3 *дб*.

Коэффициент усиления не менее 10.

Прибор обеспечивает наблюдение на экране напряжений с амплитудой от 2 до 10 *в* через усилитель, от 10 до 200 *в* при непосредственной подаче на отклоняющие пластины и до 1500 *в* при подаче на выносной делитель, входящий в комплект прибора.

Горизонтальное отклонение луча осуществляется:

а) ждущей разверткой с фиксированными длительностями: 1,5; 5; 15; 150 и 500 *мксек* ± 5%;

б) периодической разверткой с диапазоном частот от 30 *гц* до 10 *кгц*.

Питание: переменный ток 400 *гц* напряжением 115 или 220 *в* ± 3%.

Габариты 140 × 210 × 275 *мм*. Вес 4,5 *кг*.

Электронный осциллограф ИО-4. Передвижной (на специальной тележке) универсальный прибор для визуального наблюдения непрерывных и импульсных электрических процессов, а также для измерения их длительности и напряжения. Прибор рассчитан на эксплуатацию в лабораторных и цеховых условиях.

Электронно-лучевая трубка 13ЛО37, диаметр рабочей части экрана (минимальный) 114 *мм*.

Вертикальное отклонение луча:

Диапазон амплитуд входного сигнала от 0,1 *в* до 400 *в*; чувствительность усилителя ступенями и плавно регулируется от нуля до $1{,}5 \cdot 10^2$ *мм* на 1 *в эффф*.

Полоса частот усилителя от 20 *гц* до 6 *Мгц* при неравномерности не более 3 *дб*.

Входное сопротивление не менее 1 *Мом*, входная емкость не более 45 *пф*.

Вход «потенциаломера» (для измерения величины наблюдаемых напряжений) обладает сопротивлением 20 *Мом* и входной емкостью 45 *пф*. Диапазон и погрешность измеряемых напряжений: ± 400 *в* ± 5%.

Входной сигнал можно подавать непосредственно на пластины вертикального отклонения, при этом входное сопротивление 20 *Мом* и входная емкость 50 *пф*.

Для наблюдения переднего фронта в усилителе имеется линия задержки.

Горизонтальное отклонение луча:

Чувствительность усилителя регулируется от нуля до максимальной, которая составляет не менее 10 *мм* на 1 *в эффф*.

Полоса частот от 20 *гц* до 0,5 *Мгц* при неравномерности не более 3 *дб*.

Ждущая развертка имеет диапазон длительностей от 1 до 700 *мксек*. Наименьшая амплитуда запускающего напряжения 0,15 *в* при длительности не менее 0,05 *мксек*.

Непрерывная развертка с диапазоном частот от 2 *гц* до 1 *Мгц*; минимальное напряжение синхронизации не более 0,8 *в эфф*.

При измерении длительности наблюдаемых процессов включаются яркостные метки времени 0,1; 1,0; 10; 100 *мксек* и 1 *мсек* ± 5%.

Питание: переменный ток частотой 50 *гц* напряжением 220 *в* ± 5% или 400 *гц* напряжением 115 *в* ± 5%; потребляемая мощность около 0,5 *квт*.

Конструктивно оформлен в виде двух блоков: собственно осциллографа и блока питания.

Габариты: осциллографа 320 × 530 × 390 *мм*, блока питания 320 × × 470 × 335 *мм*, а всего комплекта на тележке 400 × 600 × 1050 *мм*.

Вес: осциллографа 31 *кг*; блока питания 56 *кг*; всего комплекта на тележке 114 *кг*.

Электронный осциллограф ЭО-53. Лабораторный прибор для визуального наблюдения периодических и импульсных процессов.

Вертикальное отклонение луча:

Чувствительность регулируется в пределах от 0,64 до 400 *мм* на 1 *в эфф*.

Диапазон частот усилителя от 2 *гц* до 10 *Мгц*.

Горизонтальное отклонение луча:

Максимальная чувствительность 50 *мм* на 1 *в эфф*.

Диапазон частот усилителя от 15 *гц* до 300 *кгц*.

Предусмотрена возможность яркостной модуляции луча внешним напряжением через усилитель с диапазоном частот от 50 *гц* до 300 *кгц* или от внутреннего генератора меток времени через 1 *мксек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 5%; потребляемая мощность около 700 *вт*.

Габариты 650 × 750 × 1350 *мм* Вес 200 *кг*.

Двухлучевой электронный осциллограф ОК-17М. Лабораторный передвижной прибор с фотоприставкой для записи однократных импульсных процессов длительностью от 3 до 2000 *мксек*.

Электронно-лучевая трубка с двумя независимыми электронными лучами 18ЛО47, диаметр рабочей части экрана 125 *мм*.

Чувствительность вертикального отклонения луча при максимальном усилении: для первого канала не менее 1 *мм/мв*, для второго канала не менее 0,28 *мм/мв*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность не более 380 *вт*.

Габариты: осциллографа с фотоприставкой 980 × 595 × 307 *мм*; блока питания 450 × 290 × 196 *мм*.

Вес: осциллографа с фотоприставкой 27 *кг*; блока питания 16,3 *кг*.

Измеритель частотных характеристик ИЧХ-1. Лабораторный прибор для снятия частотных характеристик усилителей, фильтров кабелей и т. п.

Диаметр экрана осциллографической трубки 300 *мм*.

Диапазон частот от 0,1 до 20 *Мгц* (одновременно наблюдаемая на экране в указанном диапазоне полоса от 1 до 8 *Мгц*).

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110 ÷ 220 *в* без переключения первичной цепи, так как блок питания прибора содержит в себе феррорезонансный стабилизатор.

Измеритель переходных характеристик ИПХ-1. Лабораторный прибор для снятия переходной характеристики видеоканала.

Испытательные импульсы, подаваемые прибором на вход исследуемого видеотракта, имеют прямоугольную симметричную форму длительностью 10 *мксек* с временем нарастания не более 0,02 *мксек*. Время установления переходной характеристики усилителя прибора не более 0,045 *мксек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность около 600 *вт*.

Габариты 650 × 750 × 1350 *мм*. Вес 150 *кг*.

Свипгенератор 102-И. Переносный прибор для снятия частотной характеристики широкополосных высокочастотных усилителей и частотных детекторов. Рассчитан на эксплуатацию в лабораторных и цеховых условиях.

Диапазон несущих частот от 10 до 100 *Мгц*. Амплитуда модуляции (качания) частоты: наибольшая 15 *Мгц*, наименьшая 0,5 *Мгц*. Частота модуляции 220 *гц* ± 15%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*, а также 800 или 400 *гц* напряжением 115 *в*.

Габариты 236 × 480 × 398 *мм*. Вес около 21 *кг*.

Анализатор спектра и измеритель частотных характеристик АСНЧХ-1. Лабораторный прибор с отдельным блоком питания для визуального наблюдения и фотографирования спектров низкочастотных периодических электрических колебаний, а также частотных характеристик четырехполюсников в области звуковых частот.

Диапазон частот от 20 *гц* до 20 *кгц*. Разрешающая способность прибора порядка 400 *гц* (в диапазоне от 20 до 500 *гц* около 12 *гц*).

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 и 220 *в* ± 10%.

Габариты: прибора 340 × 425 × 470 *мм*; блока питания 400 × 250 × × 225 *мм*. Вес: прибора 20 *кг*; блока питания 30 *кг*.

§ 8-26. Измерительные генераторы

Промышленность выпускает большое количество разнообразных генераторов электрических колебаний для различных целей. В данном параграфе описываются только генераторы и сигнал-генераторы, используемые в измерительной технике.

В начале помещены звуковые генераторы, затем импульсные генераторы видеосигналов (без высокочастотного заполнения) и в конце параграфа — высокочастотные сигнал-генераторы.

Низкочастотный генератор синусоидальных колебаний НГ-2. Переносный прибор — источник немодулированных синусоидальных низкочастотных колебаний.

Диапазон частот от 0,01 до 100 *гц*.

Погрешность в установке частоты по лимбу не более 3%; коэффициент гармоник (клир-фактор) не более 5%.

Амплитуда выходного напряжения регулируется в пределах от 0 до 100 *в*.

Звуковой генератор 641. Источник синусоидальных электрических колебаний звуковых частот в диапазоне от нуля до 5000 *гц*. Позволяет отсчитывать частоту во всем диапазоне через 0,5 *гц*.

Погрешность по частоте не более ± 0,2% + 3 *гц*.

Наибольшая величина выходного напряжения не менее 5 *в* при нагрузке 20 *ком*; возможно плавное изменение выходного напряжения в пределах 15% ÷ 100% от наибольшей величины.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 60 *вт*.

Габариты 520 × 450 × 280 *мм*. Вес 35 *кг*.

Звуковой генератор ЗГ-10. Источник синусоидальных электрических колебаний звуковых частот в диапазоне от 20 *гц* до 20 *кгц* (три поддиапазона). Предназначен для регулировки и испытания низкочастотных каскадов радиоаппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Погрешность по частоте не более ± 2% ± 1 *гц*.

Выходная мощность: нормальная 0,5 *вт*, максимальная 5 *вт*; изменяется ступенями (через 1 *дб*) и плавно; общее изменение в пределах до 110 *дб*.

Выходные сопротивления: 50, 200, 600, 5000 *ом*.

Коэффициент гармоник не более 0,7% при выходной мощности до 0,5 *вт*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 150 *вт*.

Габариты 598 × 357 × 293 *мм*. Вес не более 35 *кг*.

Звуковой генератор ЗГ-11. Источник синусоидальных электрических колебаний звуковых и ультразвуковых частот в диапазоне от 20 *гц* до 200 *кгц* (четыре поддиапазона). Служит для регулировки низкочастотной и ультразвуковой аппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Погрешность по частоте не более 1,5% + 1 *гц*.

Выходное напряжение не менее 1 *в* при нагрузке 200 *ом*; изменяется плавно и ступенями через 1 *дб* в пределах до 120 *дб*.

Коэффициент гармоник не более 0,9%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 150 *вт*.

Габариты 515 × 320 × 325 *мм*. Вес не более 25 *кг*.

Звуковой генератор ЗГ-12. Источник синусоидальных электрических колебаний звуковых и ультразвуковых частот в диапазоне от 20 *гц* до 200 *кгц*. Предназначен для регулировки и испытания звуковой и ультразвуковой аппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Погрешность по частоте не более ± 2% + 1 *гц*.

Выходная мощность: нормальная 0,5 *вт*, максимальная 5 *вт*; регулируется плавно и ступенями через 1 *дб* в пределах до 110 *дб*.

Выходные сопротивления: 50, 200, 600 и 5000 *ом*.

Коэффициент гармоник 0,7% при мощности не более 0,5 *вт*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность не более 15 *вт*.

Габариты: 598 × 357 × 293 *мм*. Вес 32 *кг*.

Широкодиапазонный генератор НГШД. Источник синусоидальных электрических колебаний в диапазоне частот от 25 *гц* до 5 *Мгц*. Предназначен для регулировки широкополосных усилителей, может использоваться в качестве генератора звуковых и радиочастот. Эксплуатируется в лабораторных условиях.

Погрешность по частоте не более ± 1,5%.

Выходное напряжение плавно регулируется от нуля до максимального значения, которое в диапазоне 25 *гц* ÷ 500 *кгц* составляет не менее 10 *в*, а на частоте 5 *Мгц* падает до 1,5 *в*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность около 50 *вт*.

Габариты 370 × 280 × 280 *мм*. Вес около 17 *кг*.

Генератор сигналов видеочастоты 100-И. Переносный прибор — источник синусоидальных электрических колебаний в диапазоне частот от 20 *гц* до 10 *Мгц*. Предназначен для испытания и настройки радиоаппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Погрешность по частоте ± 3% ± 3 *гц*.

Выходное напряжение: максимальное 30 *в* при нагрузке 1000 *ом* и 2 *в* при нагрузке 75 *ом*; регулируется ступенями через 2 *дб* до 80 *дб*.

Коэффициент гармоник не более 3%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность не более 625 *вт*.

Габариты 540 × 360 × 320 *мм*. Вес 35 *кг*.

Генератор импульсов ГИ-2. Переносный прибор — источник импульсов напряжения положительной и отрицательной полярности с крутым передним фронтом, плоской вершиной и пологим спадом. Регулируется длительность, частота следования и амплитуда импульсов.

Длительность от 1 до 400 *мксек* ± 20%.

Частота следования: от 0,5 до 500 *гц* при длительности свыше 40 *мксек*; от 0,5 до 5000 *гц* при длительности менее 40 *мксек*. Погрешность частоты следования не более ± 10%.

Длительность переднего фронта не более 0,02 *мксек*. Длительность заднего фронта плавно регулируется от 1 до 400 *мксек*.

Амплитуда от 1 *мв* до 1 *в* на основном выходе сопротивления 75 *ом*; регулировка плавная и ступенями в пределах до 60 *дб*. Имеется дополнительный внешний делитель 1 : 100. Погрешность по напряжению не более ± 3%.

Генератор имеет дополнительный выход импульсов большой амплитуды (10 *в*), по форме аналогичных импульсам на основном выходе.

Возможен запуск генератора от внешних импульсов любой полярности или с помощью кнопки на приборе.

В приборе вырабатываются импульсы синхронизации, опережающие основные импульсы на время от 0,3 до 1,5 *мксек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%. Потребляемая мощность 220 *вт*.

Габариты 480 × 300 × 330 *мм*. Вес 25 *кг*.

Генератор импульсов ГИ-3. Измерительный прибор — источник электрических прямоугольных импульсов положительной и отрицательной полярности (одновременно с двух выходов). На выходе генератора можно получить также дополнительные импульсы. Регулируются длительность, частота следования и амплитуда импульсов (обоих одновременно).

Длительность от 0,07 до 10 *мксек* ± 3% ± 0,02 *мксек*.

Частота следования от 0,5 до 5000 *гц* ± 10%.

Время нарастания не более 0,025 *мксек*, спада не более 0,03 *мксек*.

Амплитуда на сопротивлении 75 *ом* регулируется от 50 *в* с ослаблением ступенчатым аттенюатором через 2 *дб* в пределах до 60 *дб*.

Генератор может работать от внешнего запуска.

Дополнительные импульсы могут опережать основные на время от 20 до 100 *мксек* или отставать от них на время до 20 *мксек*. Сдвиг устанавливается с большой точностью ± 0,5% ± 0,02 *мксек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%.

Габариты 720 × 360 × 360 *мм*. Вес 50 *кг*.

Генератор импульсов ГИС-2. Лабораторный прибор — источник электрических прямоугольных импульсов любой полярности при внутреннем и внешнем запуске. Генератор имеет систему задержки, позволяющую получить на выходе прибора опорный и задержанный по отношению к опорному импульс.

Длительность импульсов плавно меняется от 0,5 до 2000 *мксек* ± 2%.

Частота следования плавно меняется от 2 *гц* до 20 *кгц* ± 5%.

Задержка импульсов плавно меняется от нуля до 2000 *мксек* ± 2%.

Амплитуда импульсов на сопротивлении 75 *ом* устанавливается в пределах от 10 *мкв* до 10 *в* ± 5%; на сопротивлении 500 *ом* до 50 *в*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%.

Габариты 650 × 390 × 460 *мм*. Вес 50 *кг*.

Генератор коротких импульсов ГКИ-5. Передвижной лабораторный прибор, в котором на двух низкоомных выходах создаются короткие наносекундные (10^{-9} *сек*) импульсы положительной и отрицательной полярности с крутым фронтом и плоской вершиной. Используется при снятии переходных характеристик, при испытании и настройке импульсных схем, широкополосных усилителей, анализаторов, дискриминаторов, схем совпадений, при испытании полупроводниковых приборов и т. п.

Диапазон длительности импульсов 7 ÷ 500 *нсек*.

Амплитуда положительных и отрицательных импульсов регулируется раздельно от нуля до максимальной величины, равной на нагрузке 75 *ом* при длительности 7 *нсек* 150 *в* и 250 *в* при длительности более 7 *нсек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность около 360 *вт*.

Габариты 500 × 820 × 360 *мм*. Вес 40 *кг*.

Генератор прямоугольных импульсов ГИП-1. Лабораторный прибор — источник прямоугольных электрических импульсов положительной и отрицательной полярности равной длительности. Отклонение длительности импульсов от длительности пауз не более ± 20%. Применяется при испытаниях и налаживании импульсных схем и схем переключения.

Диапазон частот следования от 0,5 *гц* до 350 *кгц* (шесть поддиапазонов).

Время нарастания и спада импульса не превышает: 0,1 *мксек* для отрицательной полярности; 0,2 *мксек* для положительной полярности.

В генераторе два выхода с амплитудами от 2 до 45 *в* ± 5% и от 1 до 100 *мв* ± 15%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 230 *вт*.

Габариты 598 × 375 × 340 *мм*. Вес 30 *кг*.

Генератор стандартных сигналов ГСС-6. Переносный прибор — источник электрических колебаний высокой частоты, калиброванных по частоте, напряжению и глубине модуляции. Предназначен для регулировки и испытания радиоаппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Диапазон несущих частот от 100 *кгц* до 25 *Мгц* ± 1%.

Выходное напряжение регулируется в пределах от 0,1 *мкв* до 0,1 *в* на выходном сопротивлении соответственно от 0,8 до 40 *ом*, или от нуля до 1 *в* на сопротивлении 40 *ом* (со специального гнезда).

Погрешность установки напряжения не более:

± 3% при частоте до 2 *Мгц*;
± 5 % „ „ „ 10 *Мгц*;
± 25% „ „ „ 25 *Мгц*.

Виды выходных сигналов: синусоида высокой частоты; высокочастотное синусоидально модулированное напряжение с частотой модуляции 400 *гц* ± 5% и регулируемой глубиной от нуля до 100%; высокочастотное напряжение, модулированное внешним сигналом.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность не более 120 *вт*.

Габариты 530 × 335 × 325 *мм*. Вес 25 *кг*.

Генератор стандартных сигналов ГСС-7. Источник электрических высокочастотных сигналов, калиброванных по частоте и напряжению. Прибор предназначен для регулировки и испытания приемных устройств и высокочастотных ступеней радиоаппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Диапазон несущих частот от 20 до 180 *Мгц* ± 1%.

Выходное напряжение регулируется плавно от 1 *мкв* до 0,1 *в* ± 10% на сопротивлении нагрузки 75 *ом*.

Режимы работы: непрерывное генерирование колебаний высокой частоты; внутренняя амплитудная синусоидальная модуляция с частотой 1000 *гц* ± 5% и изменяемой глубиной от 10 до 80%; внутренняя амплитудная прямоугольная модуляция с отношением полупериодов 1 : 1 и с частотой 1000 *гц*; внешняя амплитудная синусоидальная модуляция с частотой от 100 до 10 000 *гц* или внешняя модуляция импульсами длительностью от 3 до 100 *мксек* с частотой повторения от 200 *гц* до 35 *кгц*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 200 *вт*.

Габариты 670 × 310 × 305 *мм*. Вес 42 *кг*.

Генератор стандартных сигналов ГСС-12. Источник электрических высокочастотных колебаний, калиброванных по частоте и напряжению. Прибор может быть использован для питания высокочастотным напряжением измерительных линий, для исследовательских работ и для налаживания и испытания радиоаппаратуры.

Диапазон частот от 150 до 1000 *Мгц* ± 1,5%.

Генератор имеет два выхода: мощный с регулируемой мощностью от 0,1 *мвт* до 1 *вт* на сопротивлении нагрузки 75 *ом* и микровольтный,

калиброванный по напряжению от 1 *мкв* до 0,1 *в* ± 25% на сопротивлении нагрузки 75 *ом*.

Режимы работы: непрерывное генерирование колебаний высокой частоты; внутренняя импульсная модуляция 100 *гц* ± 10% с отношением полупериодов 1 : 1 или модуляция импульсами длительностью от 2 до 10 *мксек* частотой повторения от 100 до 2000 *гц* с внешней синхронизацией; внешняя импульсная модуляция с теми же характеристиками.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность около 270 *вт*.

Габариты 725 × 305 × 304 *мм*. Вес около 45 *кг*.

Генератор стандартных сигналов ГСС-15. Источник электрических калиброванных высокочастотных сигналов. Предназначен для питания измерительных линий, антенн и других радиотехнических устройств, а также для регулирования и испытания высокочастотной аппаратуры в лабораторных и цеховых условиях.

Выпускается в двух моделях, различающихся диапазонами: ГСС-15А от 150 до 1000 *Мгц* и ГСС-15Б от 1000 до 2000 *Мгц*.

Погрешность ± 1%.

Генератор имеет два выхода: мощный, с выходной мощностью не менее 1 *вт* для модели А и не менее 0,5 *вт* для модели Б; микроваттный, калиброванный по мощности от 10^{-8} до 100 *мквт* ± 60% на сопротивлении нагрузки 75 *ом*.

Режимы работы: непрерывное генерирование колебаний высокой частоты; синусоидальная внешняя модуляция от 100 до 2000 *гц*; импульсная модуляция (внутренняя и внешняя) с характеристиками, аналогичными ГСС-12.

Питание и габариты такие же, как у ГСС-12. Вес 50 *кг*.

Генератор стандартных сигналов ГСС-17. Источник калиброванных высокочастотных колебаний, модулированных по частоте и амплитуде. Предназначен для регулировки и испытаний приемных устройств УКВ диапазона в лабораторных и цеховых условиях.

Диапазон частот от 16 до 128 *Мгц*. Точность установки частоты ± 1%.

Режимы работы: непрерывное генерирование колебаний высокой частоты; частотная модуляция внутренняя с частотой 1000 *гц*, внешняя — от 50 *гц* до 15 *кгц*; амплитудная модуляция внутренняя частотой 1000 *гц*, внешняя — от 100 *гц* до 10 000 *гц*.

Выходное напряжение на сопротивлении 75 *ом* регулируется от 0,5 *мкв* до 0,1 *в* ± 20%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%, или ток 400 *гц* напряжением 115 *в* ± 3%; потребляемая мощность не более 150 *вт*.

Габариты 523 × 329 × 353 *мм*.

Комбинированный генератор сигналов ГСК-2. Состоит из УКВ генератора сигналов, измерителя мощности и резонансного волномера, оформленных в виде переносного прибора и отдельной антенной системы, придаваемой к прибору. Предназначен для измерения частоты, мощности излучения, времени прохождения импульсов в приемниках, чувствительности приемников и т. п.

Генератор сигналов. Диапазон частот от 100 до 375 *Мгц*. Погрешность установки частоты ± 1%. Выходное напряжение на сопротивлении 75 *ом* регулируется от 1 *мкв* до 0,1 *в*. Режимы работы: непрерывная генерация; внутренняя импульсная модуляция импульсами длительностью от 1 до 10 *мксек* и частотой следования от 100 до 2000 *гц*, а также прямоугольным синусом (импульсы с отношением полупериодов 1 : 1) с частотой 1000 *гц*; внешняя импульсная и синусоидальная амплитудная модуляция частотой от 100 до 10 000 *гц*.

Прибор выдает синхронизирующие импульсы с регулировкой опережения ими высокочастотных импульсов.

Измеритель мощности. Диапазон частот 150 ÷ 375 *Мгц*. Пределы измерения от 1 *мвт* до 1 *вт* при непрерывной генерации и до 5 *квт* при импульсной модуляции со скважностью не менее 600. Погрешность не более ± 2,5 *дб*.

Волномер. Диапазон частот 150 ÷ 375 *Мгц*. Погрешность не превышает ± 0,5%.

Антенная система дипольная полуволновая, на мачте высотой до 3 *м*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127, 220 *в* ± 10% или 400 и 800 *гц* напряжением 115 *в* ± 3%.

Габариты 560 × 380 × 340 *мм*. Вес 48 *кг*.

Генератор сигналов ГС-6. Переносный прибор — источник электрических колебаний УКВ для питания измерительных линий, антенн и т. п. в лабораторных и цеховых условиях.

Диапазон частот 150 ÷ 700 *Мгц* ± 1,5%.

Выходная мощность на сопротивлении 75 *ом* регулируется от 1 *мвт* до 3 *вт*.

Режимы работы: непрерывная генерация, внутренняя модуляция прямоугольным синусом 1000 *гц* ± 5%; внешняя модуляция импульсами длительностью от 2 до 10 *мксек*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10% или 400÷800 *гц* напряжением 115 *в* ± 3%; потребляемая мощность 200 *вт*.

Габариты 720 × 360 × 330 *мм*. Вес 52 *кг*.

Генератор сигналов ГС-22. Источник высокочастотных колебаний дециметрового диапазона для питания измерительных линий, антенн и т. п.

Диапазон частот 2000 ÷ 3000 *Мгц* ± 1%.

Выходная мощность на сопротивлении 75 *ом* регулируется от 0,001 до 0,6 *вт*.

В приборе имеется внутренний волномер с погрешностью не более ± 0,25%.

Режимы работы: непрерывная генерация; внутренняя модуляция импульсами длительностью от 1 до 10 *мксек* и частотой следования от 100 до 2000 *гц* или прямоугольный синус 1000 *гц* ± 5%; внешняя модуляция импульсами длительностью от 1 до 20 *мксек* и частотой следования от 100 до 10 000 *гц*.

Генератор выдает синхронизирующие импульсы (при работе в режиме импульсной модуляции) с регулируемым опережением ими выходных высокочастотных импульсов.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 400 *вт*. Вес около 50 *кг*.

§ 8-27. Измерительные усилители

Электрометрический усилитель ЭМУ-2. Лабораторный усилитель постоянного тока для измерения слабых, медленно изменяющихся токов и напряжений.

Пределы измерения:

по току от $2 \cdot 10^{-14}$ до $3 \cdot 10^{-8}$ *а*;

по напряжению от 0,01 до 50 *в*.

Погрешность не превышает 2%.

Прибор состоит из трех блоков: входного электрометрического каскада (электрометрической выносной головки); усилителя постоянного тока и выпрямителя с электронной стабилизацией ВС-14.

Вес всего комплекта 26,2 *кг*.

Измерительный усилитель 103-И. Переносный прибор для усиления синусоидальных и импульсных электрических колебаний. Применяется в лабораториях, заводских цехах и ремонтных мастерских.

Полоса частот от 30 *гц* до 10 *Мгц*.

Собственное время нарастания усиливаемого импульса не более 0,1 *мксек*; максимальная длительность усиливаемых без заметных искажений импульсов 2 *мсек*.

Усиление регулируется в пределах от нуля до 50 *дб*.

Максимальное выходное напряжение: 10 *в* на высокоомной нагрузке; 1 *в* на нагрузке 75 *ом*.

Коэффициент нелинейных искажений не более 5%.

Входная емкость около 30 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127, 220 *в*; потребляемая мощность около 500 *вт*.

Габариты 600 × 330 × 320 *мм*. Вес 35 *кг*.

Усилитель широкополосный УШ-10. Переносный прибор для усиления импульсов с крутыми фронтами.

Полоса частот от 3 *кгц* до 10 *Мгц*.

Собственное время нарастания усиливаемого импульса не более 0,04 *мксек*; максимальная длительность усиливаемых без заметных искажений импульсов 50 *мксек*.

Коэффициент усиления регулируется ступенями и плавно в пределах от 50 до 50 000. Нестабильность коэффициента усиления не более ± 4%.

Максимальная выходная амплитуда 80 *в* при нелинейности амплитудной характеристики не более 4%.

Входная емкость 10 *пф*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%.

Сверхширокополосный усилитель УР-1. Распределенный усилитель для усиления очень коротких (миллимикросекундных) сигналов в лабораторных и заводских условиях. Прибор имеет симметричные и несимметричные выходы. Усилители УР-1 рассчитаны на последовательное их включение.

Полоса частот от 5 до 150 *Мгц* при неравномерности ± 2 *дб*.

Входное сопротивление может быть 50, 75 или 150 *ом*.

Коэффициент усиления регулируется ступенями через 5 *дб*; максимальная величина усиления не менее 25 *дб*.

Наибольшая амплитуда выходного сигнала не менее 25 *в* на симметричном выходе.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%; потребляемая мощность около 300 *вт*.

Габариты 300 × 240 × 480 *мм*. Вес 27 *кг*.

Усилитель сверхширокополосный УСШ-2. Распределенный усилитель для усиления очень коротких (миллимикросекундных) сигналов в лабораторных и заводских условиях.

Полоса частот от 1 *кгц* до 200 *Мгц* при неравномерности не более ± 2 *дб*; время установления $4 \cdot 10^{-9}$ *сек*, время задержки $25 \cdot 10^{-9}$ *сек*.

Входное сопротивление может быть 50, 75, 150 или 200 *ом*.

Коэффициент усиления 24 *дб*.

Максимальная амплитуда выходного напряжения 10 *в* при нелинейности амплитудной характеристики не более 5%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%; потребляемая мощность около 300 *вт*.

Габариты 300 × 240 × 480 *мм*. Вес 25 *кг*.

§ 8-28. Измерительные линии и элементы высокочастотных трактов

Измерительная линия ЛИ-1. Переносный прибор для измерения коэффициента стоячей волны (КСВ) и полных сопротивлений нагрузок с коаксиальным выходом. Применяется при регулировке и испытаниях радиоаппаратуры дециметрового диапазона волн в лабораторной и цеховой практике.

Диапазон частот от 500 до 3000 *Мгц*.
Волновое сопротивление 75 *ом*.
Собственный КСВ не более 1,05.
Наибольшая чувствительность 20 *мвт*.
Вес около 22 *кг*.

Измерительная линия ЛИ-4. Измерительная линия ЛИ-4 имеет два канала с волновыми сопротивлениями 50 и 75 *ом*. Остальные технические характеристики такие же, как у ЛИ-1.

Измерительная линия ЛИ-3. Предназначена для измерения коэффициента стоячей волны (КСВ), полных сопротивлений, длин волн и т. п. при работах с высокочастотной УКВ аппаратурой в лабораторных и заводских условиях.

Диапазон частот от 150 до 1000 *Мгц*.
Линия имеет два канала с волновыми сопротивлениями 75 и 50 *ом*.
Максимальная чувствительность 20 *мвт* в канале 75 *ом* и 40 *мвт* в канале 50 *ом*.
Собственный КСВ не превышает 1,07.
Вес около 60 *кг*.

Спиральная измерительная линия ИСЛ-1. Переносный прибор для проверки УКВ антенн и фидеров в диапазоне частот от 100 до 150 *Мгц*.

Линия ИСЛ-1 обеспечивает измерение и проверку коэффициента бегущей волны (КБВ) от 0,05 до 0,95; величины проходящей мощности от 5 до 50 *вт*; величины сопротивления нагрузки.

Питание: постоянный ток напряжением $24 \div 30$ *в*.

Измерительная линия и необходимое дополнительное оборудование (соединительные кабели, эквивалент антенны и т. п.) размещены в металлическом закрывающемся футляре с размерами $450 \times 330 \times 145$ *мм* и весом 10 *кг*.

Измеритель полных сопротивлений, коаксиальный ИПСК-2. Предназначен для измерения полных (комплексных) сопротивлений и коэффициента стоячей волны (КСВ) нагрузок в диапазоне от 30 до 1000 *Мгц*.

Входное и выходное сопротивления 75 *ом* (прибор включается в разрыв коаксиальных линий).

Погрешность при измерении сопротивлений не более $\pm$ 20%, при измерении КСВ не более $\pm$ 5%.

Габариты $320 \times 170 \times 170$ *мм*. Вес 17 *кг*.

Плавный аттенюатор АП-1. Предназначен для получения плавно изменяющегося ослабления высокочастотной энергии, а также для измерения величины ослабления в радиоустройствах.

Диапазон частот от 100 до 1000 *Мгц*.
Пределы ослабления от 15 до 120 *дб*.
Входное и выходное сопротивления 75 *ом*.
Погрешность определения величины ослабления не превышает $\pm$ 1,5 *дб*.
Наибольшая входная мощность 10 *вт*.
Габариты $335 \times 161 \times 168$ *мм*. Вес не более 3,7 *кг*; вместе с нагрузочным сопротивлением СН-1 не более 5 *кг*.

Ступенчатые аттенюаторы АС-1. Комплект из пяти ступенчатых аттенюаторов АС-1 предназначен для ослабления мощности в коаксиальных линиях с волновым сопротивлением 75 *ом* в диапазоне частот от 100 до 3000 *Мгц*. Аттенюаторы АС-1 в основном рассчитаны на использование в качестве развязывающих (буферных) ослабителей.

Величина ослабления 10; 15; 20; 25 или 30 *дб*.
Входное и выходное сопротивления 75 *ом*.
Коэффициент стоячей волны (КСВ) линии, нагруженной аттенюатором АС-1, не превышает 1,5.
Габариты $70 \times 42 \times 36$ *мм*. Вес 300 *г*.

Эквивалентное нагрузочное сопротивление ЭНС-5. Переносное устройство, предназначенное для использования в качестве нагрузки линий и генераторов высокой частоты при их испытаниях и регулировке

с отключенной реальной нагрузкой в заводских, лабораторных и полевых условиях.

Диапазон частот от 150 до 375 *Мгц*.

Допустимая средняя мощность не более 5 *вт*.

Входное сопротивление 75 *ом*.

Коэффициент стоячей волны (КСВ) не более 1,25.

Габариты 70×180×80 *мм*. Вес около 1 *кг*.

Эквивалентное нагрузочное сопротивление ЭНС-100. По типу и назначению сходно с ЭНС-5. Отличается более высокой допустимой средней мощностью — до 100 *вт* и соответственно бо́льшими размерами и весом.

Габариты 240×270×535 *мм*. Вес 6 *кг*.

Нагрузочное сопротивление СН-1. Переносное устройство, предназначенное для использования в качестве эквивалента согласованной нагрузки или фиксированного аттенюатора с ослаблением на 18—19 *дб*. Рассчитано на эксплуатацию в условиях цехов, лабораторий и контрольно ремонтных станций.

Рабочий диапазон частот от 30 до 1000 *Мгц*.

Входное сопротивление 75 *ом*; коэффициент стоячей волны (КСВ), измеренный на входе прибора, не более 1,2.

Допустимая мощность на входе не более 10 *вт*.

Ослабление сигнала на ответвителе 18,5 *дб* ± 0,5 *дб* при частоте 500 *Мгц*. Неравномерность ослабления в рабочем диапазоне частот не более 2 *дб*.

Выходное сопротивление ответвителя 75 *ом*; коэффициент стоячей волны (КСВ), измеренный на выходе, не превышает 1,4.

Габариты 260×108×129 *мм*. Вес 1,3 *кг*.

§ 8-29. Измерители помех, шума и нелинейных искажений

Измеритель помех ИП-12М. Переносный прибор для измерения с помощью антенны напряженности поля радиостанций или помех, а также для измерения высокочастотных напряжений непосредственно на зажимах (в фильтрах радиоустройств, проводных линиях и т. п.).

Диапазон частот от 0,16 до 20 *Мгц*; полоса пропускания 8 ÷ 10 *кгц*.

Диапазон измеряемых напряжений от 1 *мкв* до 0,1 *в* и напряженностей поля от 2 до 100 000 *мкв/м*.

Погрешность измерения напряженности не более 25%, частоты не более ± 5%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 220 *в* или сухие батареи 125 *в* и 2,8 ÷ 3,5 *в*.

Габариты прибора с крышкой и приставкой питания 205×325×435 *мм*. Вес не более 15 *кг*.

Измеритель помех ИП-14. Назначение прибора то же, что и ИП-12М.

Диапазон частот от 16 до 150 *Мгц*; полоса пропускания 90 ÷ 110 *кгц*.

Погрешность измерения частоты не более 3%.

Отсчет измеряемых напряжений производится по выходному индикаторному прибору, шкала которого проградуирована от 1 до 100 *мкв*.

Питание: от сети переменного тока 50 *гц* напряжением 127, 220 *в* или от шестивольтового аккумулятора с помощью вибропреобразователя, установленного в ИП-14.

Габариты 230×310×430 *мм*. Вес 18 *кг*.

Измеритель помех ИП-18. Назначение прибора то же, что и ИП-12М.

Диапазон частот от 150 до 400 *Мгц*; полоса пропускания 270 *кгц*.

Погрешность по частоте не более ± 3%.

Диапазон измеряемых напряжений от 1,5 *мкв* до 0,005 *в*; диапазоны измеряемых напряженностей поля: от 4 до 20 000 *мкв/м* на частоте 150 *Мгц* и от 10 до 20 000 *мкв/м* на частоте 400 *Мгц*.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 100 *вт*.

Габариты 490×370×310 *мм*. Вес 27 *кг*.

Измеритель коэффициента шума ИКШ-1. Переносный прибор для измерения собственных шумов приемно-усилительных устройств в лабораторных и полевых условиях.

Диапазон частот от 15 до 1000 *Мгц*.

Диапазон измеряемых величин коэффициента шумов от 1,5 до 1000.

Погрешность индикаторной части не более 15%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127, 220 *в* или 400 и 427 *гц* напряжением 115, 220 *в*; потребляемая мощность не более 250 *вт*.

Габариты 500×286×400 *мм*. Вес 32 *кг*.

Измеритель коэффициента шума ИКШ-2. Назначение прибора то же, что и ИКШ-1.

Диапазон частот от 800 до 11000 *Мгц*.

Диапазон измеряемых величин коэффициента шумов от 5 до 10000.

Погрешность индикаторной части не более 20%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127, 220 *в* или 400 *гц* напряжением 115 *в*; потребляемая мощность не более 400 *вт*.

Габариты 500×286×400 *мм*.

Измеритель нелинейных искажений ИНИ-10М. Переносный прибор для измерения коэффициента нелинейных искажений методом сравнения эффективного напряжения всех высших гармоник (начиная со второй) с эффективным напряжением искаженного сигнала.

Входящий в состав прибора ламповый вольтметр может быть использован для измерения уровня шумов или напряжений переменного тока в пределах от 0,03 до 300 *в* ± 3%.

Фиксированные частоты: 60; 100; 200; 400; 1000; 5000; 7000; 10000 и 15000 *гц*.

Диапазон измеряемых величин коэффициента нелинейных искажений от 0,3 до 30%; погрешность не превышает 6% от измеряемой величины.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность не более 150 *вт*.

Габариты 598×375×340 *мм*. Вес 35 *кг*.

Измеритель нелинейных искажений ИНИ-11. Назначение прибора то же, что и ИНИ-10.

Диапазон частот от 50 *гц* до 15 *кгц*.

Диапазон измеряемых величин коэффициента нелинейных искажений от 0,3 до 30%; погрешность не превышает ±5% от измеряемой величины.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127, 220 *в* или 400 *гц* напряжением 115 *в*; потребляемая мощность 150 *вт*.

Габариты 600×310×340 *мм*. Вес 28 *кг*.

§ 8-30. Вакуумметры

Вакуумметры предназначены для измерения низких давлений газов в замкнутых объемах. Выпускаются в двух конструктивно отличающихся вариантах: в виде переносного прибора настольного типа или в панельном оформлении (для установки в стойку); последний вариант имеет в обозначении дополнительную букву «П».

Вакуумметр ионизационный ВИ-3, ВИ-3П. Прибор для измерения давлений в пределах от 10^{-3} до $5 \cdot 10^{-8}$ *мм* рт. ст. с погрешностью не более ±15%. Отсчет показаний — непосредственный по шкале прибора, имеющей четыре поддиапазона.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 90 *вт*.

Габариты: ВИ-3 390×225×210 *мм*; ВИ-3П 430×225×220 *мм*. Вес 14 *кг*.

Вакуумметр термопарный ВТ-2, ВТ-2П. Прибор для измерения давлений в пределах от 1 до 10^{-3} *мм* рт. ст.

Отсчет показаний непосредственно по шкале прибора, имеющей два поддиапазона.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 90 *вт*.

Габариты: ВТ-2 260×225×210 *мм*; ВТ-2П 430×225×220 *мм*. Вес 9 *кг*.

Вакуумметр ионизационно-термопарный ВИТ-1, ВИТ-1П. Комбинированный прибор из блоков ВИ-3 и ВТ-2, предназначенный для измерения давлений в пределах от 0,1 до 10^{-7} *мм* рт. ст. с погрешностью не более ±15%.

Отсчет показаний непосредственно по шкалам двух стрелочных приборов.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 90 *вт*.

Габариты: ВИТ-1 390×226×260 *мм*; ВИТ-1П 430×225×220 *мм*. Вес 15 *кг*.

Вакуумметр магнитный блокированный ВМБ-1, ВМБ-1П. Прибор для измерения давлений воздуха в замкнутом объеме и автоматического выключения электрических цепей в результате срабатывания реле вакуумной блокировки при увеличении давления свыше установленного.

Пределы измерения давления от $8 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-6}$ *мм* рт. ст. Пределы срабатывания реле блокировки от $8 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^{-5}$ *мм* рт. ст.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 90 *вт*.

Габариты: ВМБ-1 390×225×210 *мм*; ВМБ-1П 430×225×220 *мм*. Вес 12 *кг*.

Гелиевый течеискатель ПТИ-4А. Передвижной (на колесиках) специальный масс-спектрометр, предназначенный для обнаружения микроскопически малых течей в вакуумных установках металлического и стеклянного оформления.

Обнаружение течи производится в результате обдувания гелием испытуемого эвакуированного объема. Наличие гелия внутри этого объема определяется масс-спектрометром, который позволяет обнаруживать гелий уже при парциальном давлении порядка $5 \cdot 10^{-11}$ *мм* рт. ст. Таким образом, течь находится независимо от давления и газоотделения стенок в испытуемой аппаратуре.

Питание: трехфазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность около 1 *квт*.

Габариты 620×660×1229 *мм*. Вес 200 *кг*.

§ 8-31. Испытатели ламп ИЛ-13, ИЛ-14, ИЛУ-1

Испытатель ламп ИЛ-13. Переносный прибор, предназначенный только для ориентировочной проверки с тремя градациями оценки («хорошая», «сомнительная» и «плохая») качества приемно-усилительных ламп, маломощных генераторных ламп и кенотронов. Оценка качества лампы дается прибором по результатам испытаний эмиссии катода, анодного тока, крутизны характеристики и исправности выводов от электродов.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* +10%, −20%, а также 400÷800 *гц* напряжением 115 *в*; потребляемая мощность около 60 *вт*.

Габариты 327×244×172 *мм*. Вес 9 *кг*.

Испытатель ламп ИЛ-14. Переносный прибор, предназначенный для качественной оценки (более детальной, чем оценка, даваемая ИЛ-13) годности приемно-усилительных ламп, кенотронов и маломощных стабилизаторов напряжения.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*, а также 400÷800 *гц* напряжением 115 *в*.

Габариты 480×280×200 *мм*. Вес 22 *кг*.

Универсальный испытатель ламп ИЛУ-1. Стационарная установка, включающая в себе 12 стрелочных измерительных приборов с погрешностью измерения не более 1% и позволяющая снимать характеристики и определять параметры приемно-усилительных радиоламп.

При снятии характеристик установка обеспечивает подачу на радиолампу напряжений накала от нуля до 30 *в* и анода от 25 до 400 *в*; характеристики могут быть сняты при токах накала от 10 *ма* до 10 *а* и анода от 0,1 до 300 *ма*.

Питание: переменный ток 50±2 *гц* напряжением 127 или 220 *в* ±10%; потребляемая мощность не более 800 *вт*.

Габариты 1660×700×370 *мм*. Вес 300 *кг*.

Глава 8-6

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

В данную главу включены приборы, выпускаемые в массовом масштабе нашей промышленностью и имеющие достаточно широкую область применения в физических исследованиях. Большое количество важных, но уникальных радиоустройств не включено в справочник.

§ 8-32. Электронные микроскопы *)

Электронные микроскопы предназначены для получения и наблюдения с помощью электронно оптических систем увеличенных изображений различных объектов. Электронно-оптическое изображение можно получить тремя разными способами: в проходящем потоке электронов (*просвечивающий* микроскоп), в отраженном потоке электронов (*отражательный* микроскоп) и в собственном излучении объекта (*эмиссионный* микроскоп).

Наиболее распространенными являются *просвечивающие электронные микроскопы*. Непосредственному изучению с их помощью доступны достаточно тонкие объекты, которые могут быть пронизаны потоком электронов, ускоренных напряжением в несколько десятков или сотен киловольт. В то же время объекты не должны разрушаться под действием потока электронов. Указанные два условия сильно сужают выбор объектов, пригодных для непосредственного исследования в просвечивающем микроскопе. Однако метод изучения пластических отпечатков с объекта (реплик), которые вводятся в электронный микроскоп вместо самого объекта, позволяет обойти эту трудность во многих случаях. Следует отметить, что препарирование объекта и снятие пластических отпечатков для электронного микроскопа часто представляют собой деликатные и сложные операции, определяющие успех научного исследования.

В отражательном электронном микроскопе хорошо выявляются неоднородности и неровности поверхности исследуемого объекта. Однако отражательный микроскоп имеет ряд недостатков по сравнению с просвечивающим. В отражательном микроскопе происходит искажение масштаба из-за неодинаковости увеличения в разных направлениях; имеют

*) Подробнее см. Электронная микроскопия, под ред. акад. А. А. Лебедева, М., 1954.

место более сильные, так называемые хроматические абберации, связанные с потерей частью электронов скорости при отражении от объекта, а также сравнительно меньшая интенсивность потока электронов, так как изображение создается рассеянными электронами. Наконец, объектом в отражательном микроскопе может служить только хорошо проводящее вещество — металлы (в противном случае объект будет заряжаться попадающими на него электронами), в то время как в просвечивающем микроскопе могут изучаться и металлы, и диэлектрики.

С помощью *эмиссионного электронного микроскопа* наблюдаются объекты, способные сами испускать электроны, что, конечно, сильно суживает область его применения. Используется в основном при изучении катодов и в металлографии. Изображение в эмиссионном микроскопе характеризуется большой четкостью и контрастностью.

Особняком стоит так называемый *микроскоп-проектор* (вариант эмиссионного микроскопа), в котором нет обычных электронных линз, а электронный поток движется по прямолинейным силовым линиям электрического поля в цилиндрическом или шаровом конденсаторе. Изображение появляется на люминесцирующей поверхности внешнего электрода конденсатора, а объект, испускающий электроны, размещается на внутреннем электроде. С помощью микроскопа-проектора можно достигать огромных увеличений (порядка миллиона), но изображения получаются чисто качественные (отсутствуют линзы).

Просвечивающий микроскоп с помощью приставок легко может быть превращен в отражательный и эмиссионный; микроскоп-проектор изготовляется специально для каждого исследования. Для всех типов электронных микроскопов необходим вакуум внутри колонны, где размещается исследуемый объект.

Универсальный электронный микроскоп УЭМ-100. Стационарное устройство с магнитной фокусировкой электронов, предназначенное для визуального наблюдения и фотографирования различных объектов на просвет и на отражение. УЭМ-100 снабжен дополнительный головкой для изучения катодов (эмиссии). Микроскоп рассчитан на использование в физических, химических, биологических и т. д. исследованиях.

Размер экрана для наблюдения изображения 6×9 *см*.

Электронно-оптическое увеличение регулируется плавно в пределах от 300 до 40000 раз.

Наименьшее разрешаемое микроскопом расстояние не более 50 Å (0,005 *мк*).

Питание: трехфазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность 1 *квт*.

Для нормальной эксплуатации микроскопа необходима площадь $15 \div 20$ *м*^{2}, на которой, кроме колонны микроскопа, размещаются вакуумная система и высоковольтный (до 100 *кв*) блок питания.

Электронный микроскоп ЭМ-3. Стационарный просвечивающий микроскоп с магнитной фокусировкой электронов. Предназначен для электронно-микроскопических исследований и для стереосъемки объектов.

Ускоряющее напряжение до 50 *кв*. Разрешающая способность 50Å (0,005 *мк*); максимальное увеличение 25000.

Конструкция: колонна микроскопа высотой 1,2 *м* и диаметром 130 *мм* установлена на специальном столике, примыкающем к вертикально расположенному шкафу позади колонны; в шкафу размещены вакуумная система и блок питания.

Электронный микроскоп ЭМ-100. Стационарный просвечивающий микроскоп с магнитной фокусировкой электронов. Предназначен для электронографических исследований. Микроскоп снабжен дополнительными головками для возможности получать изображение в ограженных пучках и для изучения катодов (эмиссии).

Ускоряющее напряжение до 100 *кв*.

Увеличение от 300 до 42000 раз.

Электронный микроскоп с электростатической фокусировкой ЭСМ-50. Стационарный просвечивающий микроскоп с электростатической фокусировкой электронов. Предназначен для электронно-микроскопических исследований и стереомикрофотографии. В микроскоп одновременно можно ввести шесть объектов и 12 фотопластинок 4,5×6 *см*.

Конструкция: вертикальная колонна установлена на специальном пульте, где сосредоточены также органы управления; сзади к пульту и колонне примыкает вертикально установленный шкаф, в котором размещены устройства питания и вакуумной системы, за исключением вынесенного форвакуумного насоса.

Питание: трехфазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*.

Малогабаритный электронный микроскоп МЭМ-50. Лабораторная установка просвечивающего типа с магнитной фокусировкой электронов для разнообразных электронно-микроскопических исследований.

Ускоряющее напряжение 35÷50 *кв*.

Увеличение в микроскопе от 1000 до 16000 с возможностью дальнейшего увеличения в 5—6 раз с фотопластинки или пленки. С пленкой можно произвести до 25 снимков.

Конструкция: колонна установлена вертикально на двухтумбовом стенде размером с нормальный письменный стол; в стенде размещены все элементы вакуумной установки и питания, кроме форвакуумного насоса и феррорезонансного стабилизатора, которые вынесены для лучшей изоляции колонны от вибраций и от переменных магнитных полей.

Эмиссионный электронный микроскоп ЭЭМ-75. Стационарный микроскоп с магнитной фокусировкой электронов, предназначенный для изучения катодов и для металлографических исследований.

Ускоряющее напряжение до 75 *кв*. Разрешающая способность до 500Å (0,05 *мк*).

Конструкция: вертикальная колонна микроскопа установлена на стенде в виде стола; внутри стенда размещено устройство питания и вакуумная система.

§ 8-33. Электронные математические машины непрерывного действия *)

Представляют собой лабораторные установки, предназначенные для приближенного решения дифференциальных уравнений путем электрического моделирования в радиотехнических схемах.

Электронные модели ИПТ-4, ИПТ-5 и МПТ-9. Эти модели используются при исследовании переходных процессов и при выборе параметров в таких системах автоматического регулирования, которые могут быть описаны линейными дифференциальными уравнениями с постоянными и переменными коэффициентами вида:

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}(t)\, x_j + f_i(t),$$

где x_i, x_j — неизвестные функции времени t; $a_{ij}(t)$ — коэффициенты системы; $f_i(t)$ — внешние воздействия, $i = 1, 2, \ldots, n$.

Погрешность решения не превышает 10%.

---

*) Подробнее см. Н. Е. Кобринский, Математические машины непрерывного действия. Основы их устройства, М., 1954.

Снятие результатов осуществляется стрелочными приборами, шлейфовым осциллографом, а также электронным индикатором И-2 (который не входит в комплект модели и поставляется по особому заказу). На экране электронно-лучевой трубки индикатора И-2 можно наблюдать искомую переменную в виде кривой $x_i = f(t)$ или $x_i = f(x_j)$.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127, 220 *в* или постоянный ток 26 *в*.

Модель ИПТ-4. Максимальное число решаемых уравнений первого порядка равно шести ($n = 6$), или, что то же, наибольший порядок решаемого уравнения — шестой.

Конструктивно оформлена в виде вертикальной секционированной стойки, установленной на специальном двухтумбовом столе. В секциях расположены сменные блоки машины.

Модель ИПТ-5. Порядок решаемого уравнения — шестой ($n = 6$); в отдельных случаях до девятого включительно.

Конструктивно выполнена в виде отдельных самостоятельных блоков, из которых составляется схема модели для каждого частного случая в соответствии с интегрируемым уравнением.

Модель МПТ-9. Порядок решаемого уравнения — двенадцатый; в отдельных случаях до шестнадцатого включительно.

Состоит из отдельных секций и блоков, из которых составляется схема модели для каждого частного случая в соответствии с интегрируемым уравнением.

Электронный интегратор ЭЛИ-6. Лабораторная модель, предназначенная для моделирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений вида

$$b_i \frac{dx_i}{dt} + \sum_{k=1}^{6} a_{ik} x_k + \sum_{k=1}^{6} F_{ik} = a_i(t)$$

при начальных условиях $x_i(0) = x_{i0}$; $\quad i = 1, 2, \ldots, 6$.

F_{ik} — нелинейные функции от нескольких искомых переменных. Модель используется при анализе физических процессов, сводящихся к указанной системе уравнений.

Общая погрешность решения не превышает $\pm 5\%$.

Конструктивно интегратор ЭЛИ-6 выполнен в виде трех самостоятельных частей, схема соединения которых определяется типом решаемой задачи. Из этих частей одна, являющаяся основной, выполнена в виде наклонной стойки на специальной двухтумбовой подставке и служит собственно интегратором с электронным индикатором для визуального наблюдения искомых переменных и для измерения их мгновенных значений. Две остальные части — дополнительные и служат для моделирования разных нелинейных зависимостей F_{ik} и для введения их в решаемые первой частью интегратора уравнения.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*.

Электронный интегратор ЭЛИ-12-1. Лабораторная модель матричного типа, предназначенная для математического расчета физических процессов, если этот расчет сводится к приближенному решению систем обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и с постоянными правыми частями вида

$$b_i \frac{dx_i}{dt} + b_{im} \frac{dx_m}{dt} + b_{is} \frac{dx_s}{dt} + \sum_{k=1}^{12} a_{ik} x_k = a_i$$

при начальных условиях $x_i(0) = x_{i0}$; $\quad i = 1, 2, \ldots, 12$.

Общая погрешность при решении систем уравнений не превышает ± 5% от максимального значения искомых величин.

Искомые переменные можно наблюдать в виде кривых $x_i = f(t)$ или $x_i = f(x_k)$ на экране электронно-лучевой трубки индикатора. Мгновенные значения переменных можно измерять, а кривые — фотографировать с экрана индикатора или с помощью шлейфового осциллографа.

Конструктивно ЭЛИ-12-1 оформлен в виде стойки, расположенной вертикально на специальной двухтумбовой подставке.

Общее питание: трехфазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 или 380 *в*.

Нелинейная электронная модель МПТ-11. Электронная структурная модель МПТ-11 моделирует нелинейные дифференциальные уравнения вида

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_1, x_2, \ldots x_i, t),$$

где x_i — искомые функции времени, F_i — заданные функциональные зависимости, $i = 1, 2, \ldots, 12$. Модель используется при анализе методом динамической аналогии систем автоматического регулирования. Погрешности решения не превышают ± 10%.

Снятие решений осуществляется шлейфовым осциллографом, а также внешними вольтметрами. Визуальное наблюдение получающегося решения производится с помощью электронного индикатора И-2.

Модель конструктивно выполнена в виде отдельных самостоятельных блоков, из которых составляется схема в соответствии с интегрируемой системой уравнений.

Питание: трехфазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*.

Малогабаритная нелинейная машина на полупроводниках МН-10. Предназначена для решения и исследования задач, описываемых такими же уравнениями, что и в случае МПТ-11, но при числе уравнений не более шести ($i = 1, 2, \ldots, 6$). Для решения системы уравнений с $n > 6$ возможна параллельная работа двух или более машин.

Результат решения можно наблюдать на электронно-лучевом индикаторе И-5 (в состав машины не входит).

Схемы машины и блока ее питания собраны полностью на полупроводниковых диодах и триодах.

Мощность, потребляемая от однофазной сети переменного тока 50 *гц* напряжением 220 *в*, составляет 130 *вт*.

Площадь, занимаемая машиной на столе, равна 0,3 $м^2$.

Вес (без блока питания) около 35 *кг*.

Электронно-лучевой индикатор И-5. Предназначен для визуального наблюдения на экране электронно-лучевой трубки результатов решения задач электронными машинами непрерывного действия. В индикаторе используется трубка 13ЛО36 с длительным послесвечением (до 30 *сек*), диаметр экрана 130 *мм*.

Потребляемая мощность от сети переменного тока 50 *гц* напряжением 220 *в* составляет 40 *вт*.

Габариты 500×240×360 *мм*. Вес 22,5 *кг*.

Электроинтегратор ЭИ-12. Лабораторная модель матричного типа, предназначенная для приближенного решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[A_1(x, y)\frac{\partial z}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[A_2(x, y)\frac{\partial z}{\partial y}\right] = F(x, y),$$

где $z(x, y)$ — искомая функция; $A_1(x, y)$, $A_2(x, y)$ — положительные функции координат; $F(x, y)$ — любая функция. Функция $z(x, y)$ определяется в замкнутой области при граничных условиях, соответствующих задачам Дирихле, Неймана или смешанной краевой задаче.

На модели ЭИ-12 дифференциальное уравнение аппроксимируется системой конечноразностных уравнений и моделируется на двухмерной сетке дискретных переменных элементов сопротивлений.

Общая погрешность не превышает 2%.

Конструктивно модель ЭИ-12 оформлена в виде вертикальной панели с сеткой переменных сопротивлений, установленной на специальной двухтумбовой подставке.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*.

§ 8-34. Телевизионные установки

Промышленная телевизионная установка ПТУ-0. Переносная установка, предназначенная для телевизионных наблюдений за выполнением различных работ, в частности, для наблюдения на расстоянии за опасными технологическими процессами.

Установка состоит из передающей телевизионной камеры, приемного видеоустройства и соединительных кабелей длиной 100 *м*. Управление сосредоточено в приемном устройстве. Соединительные кабели служат для подачи питания и сигналов управления в телевизионную камеру и для передачи сигнала изображения от камеры к приемному устройству.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность не более 250 *вт*.

Вес передающей камеры 4 *кг*, приемного устройства 32 *кг*.

Подводная телевизионная установка. Передвижная установка, предназначенная для телевизионных наблюдений под водой на глубине до 100 *м*. Состоит из телевизионной камеры, помещенной в герметичном корпусе, оборудованном светильниками, контрольно-регулировочной аппаратуры и устройства для приема изображения. Телевизионная камера связана с остальной аппаратурой кабелем для подводных работ длиной до 350 *м*.

Разложение стандартное на 625 строк при 25 кадрах.

Питание: однофазный переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в* ± ± 5%; потребляемая мощность около 0,5 *квт*.

Габариты: телевизионной камеры в герметичном кожухе со снятыми светильниками — диаметр 222 *мм*, длина 745 *мм*; блока усиления и формирования изображения 179×328×418 *мм*; дополнительного видеоконтрольного устройства 390×376×540 *мм*.

Вес установки без кабеля 75 *кг*.

§ 8-35. Приборы для анализа ядерных излучений и дозиметрического контроля

Установки Да и Дб. Комплект переносных лабораторных приборов для различных исследований в области ядерной физики.

В комплект входят: три ионизационные камеры, усилитель с выносным блоком, пересчетная установка, электромеханический счетчик, секундомер, вольтметр, блок накала и высоковольтный стабилизированный выпрямитель.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%.

Установка для измерения мощности дозы γ-излучения «Кактус». Предназначена для длительной непрерывной работы в лабораторных и производственных условиях.

Диапазон измеряемой мощности дозы γ-излучения от нуля до 20 000 *мкр/сек*. Погрешность не превышает ± 10%.

Установка имеет внутреннюю (красная лампочка и звонок) и внешнюю (замыкание клемм «сигнал») сигнализации, которые срабатывают при превышении заданной мощности дозы.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± ± 10%; потребляемая мощность около 75 *вт*.

Вес установки около 14 *кг*.

Комплект индивидуального дозиметрического контроля КИД-1. Прибор предназначен для дозиметрического контроля персонала, работающего в условиях возможного жесткого электромагнитного облучения (рентгеновского и γ-облучения). Прибор состоит из зарядноизмерительного устройства и индивидуальных дозиметров.

Диапазон измеряемых индивидуальным дозиметром величин дозы рентгеновского и γ-излучений от 0,02 до 2 *р* при энергиях излучения от 80 *кэв* до 2 *Мэв*. Основная погрешность не более ± 10%.

Размеры индивидуального дозиметра: длина 120 *мм*, диаметр 15 *мм*.

Микрорентгенометр МР-1. Переносный прибор для измерения малых мощностей доз рентгеновского и γ-излучений с энергией от 50 *кэв* до 2 *Мэв*.

Диапазон измеряемых мощностей доз от 0,2 до 1000 *мкр/сек*. Основная погрешность не более 10%.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 20 *вт*.

Габариты 235×195×350 *мм*. Вес 5 *кг*.

Портативный микрорентгенометр ПМР-1. Переносный прибор для измерения мощности дозы γ-излучения в лабораторных, производственных и полевых условиях.

Пределы измерения мощности дозы от 0,5 до 500 *мкр/сек*. Приведенная погрешность измерения не превышает ± 10% (при температуре 20 ± 5° С), при изменении температуры от −20 до +20° С погрешность не превышает ± 50%.

Питание от сухих батарей ГБ-22,5 (5 шт.) и элементов типа 2С-У-9; 2С-Х-9 или 2С-Л-9 (1 шт.).

Габариты 220×130×170 *мм*. Вес 3,5 *кг*.

Портативный слуховой радиомер ПРС. Переносный прибор для обнаружения и количественной оценки интенсивности γ-излучений.

Выпускается в двух вариантах: ПРС-П для обнаружения слабых радиоактивных загрязнений на открытых поверхностях; ПРС-Р для зондирования в труднодоступных местах (щелях, отверстиях и т. п.).

Пределы определения интенсивности γ-излучения: ПРС-П от 7 до 1000 *мкр/час*; ПРС-Р от 50 до 10 000 *мкр/час*.

Погрешность не превышает ± 30%.

Питание от сухих батарей типа ГБМ-200-0,01 (2 шт.) и ГБ-75-0,05 (1 шт.).

Вес рабочего комплекта с батареями 2 *кг*. Вес полного комплекта в упаковочном ящике 5,5 *кг*.

Универсальный радиомер УР-4М. Переносный экспериментальный прибор для обнаружения и индикации радиоактивных веществ по их γ-излучению. Применяется в полевых условиях, в геологоразведке и других поисковых работах. Пределы измерения интенсивности γ-излучения от 10 до 10 000 *мкр/час*.

Питание от сухих батарей типа ГБ-80 (1 шт.) и 2С-Х-8 (2 шт.).

Вес рабочего комплекта 4,6 *кг*.

Универсальный радиомер ТИСС. Переносный прибор для измерения величины загрязненности одежды, рук и поверхностей различных предметов α- или β-активными веществами. Прибор позволяет устанавливать, превышает ли радиоактивная загрязненность заранее устанавливаемый допустимый уровень или нет. Прибор состоит из основного блока ТЗ; выносных блоков: ТЧ для измерения β-излучений, ТН и ТЮ для измерения α-излучений.

Питание: переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в*; потребляемая мощность 60 *вт*.

Габариты 350×300×250 *мм*. Вес 9 *кг*.

Глава 8-7

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Для питания радиотехнических устройств используются химические (первичные — гальванические элементы, а вторичные — аккумуляторы) и термоэлектрические источники электрической энергии, а также выпрямители технического переменного тока (с феррорезонансной стабилизацией по переменному току и с электронной стабилизацией по постоянному току).

В последнее время успешно разрабатываются ядерные источники (первичные элементы), которые могут стабильно работать в течение длительного времени (см. Применение радиоактивных изотопов в промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Доклады иностранных ученых на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, стр. 121, М., 1956.).

В настоящей главе рассматриваются элементы, батареи и приборы сравнительно небольшой мощности, массового производства и использования. Мощные устройства (более киловатта отдаваемой мощности), применяемые для питания мощных генераторных ламп или специальных агрегатов, рассчитываются и изготовляются в индивидуальном порядке или малыми сериями. Такие устройства в эту главу не включены.

§ 8-36. Гальванические элементы и батареи *)

Гальванические элементы вырабатывают электрическую энергию за счет необратимой химической реакции; после однократного использования (разряда) с израсходованием запасенной энергии подлежат замене. Если гальванический элемент (или батарея) не включен в цепь, его энергия все же расходуется (хотя и в значительно меньшей степени) в результате саморазряда. Поэтому залитые электролитом или водой гальванические элементы имеют ограниченный срок хранения. Срок сохранности разных фабричных элементов колеблется от четырех месяцев до года.

Гальванические элементы используются в тех случаях, когда питание радиоустройства от электросети невозможно и при сравнительно небольшой потребляемой мощности.

Гальванические элементы бывают: *мокрые* (поставляются в разобранном виде, собираются перед использованием), *наливные* (заливаются электролитом перед использованием), *водоналивные* (заливаются водой перед использованием) и *сухие* (выпускаются готовыми к употреблению). В радиотехнике массовое употребление нашли только водоналивные и сухие элементы и батареи. Водоналивные элементы, не залитые водой, могут храниться в течение длительного времени (до трех лет).

Обозначения элементов и батарей разных типов не имеют единой системы, поэтому эти обозначения расшифровываются по-разному. Цифру в начале обозначения имеют только элементы (обозначение батареи чаще всего начинают с буквы Б). Эта цифра характеризует условную группу прямоугольного элемента по его габаритам. Если элемент круглый, то вслед за цифрой стоит буква К. Следующая буква показывает вид элемента:

В — водоналивной,

С — сухой.

---

*) Подробнее см. В. Г. Сочеванов, Гальванические элементы, М.—Л., 1951; И. И. Спижевский, Гальванические батареи и аккумуляторы, М.—Л., 1949.

Вторая буква (после черточки) характеризует интервал рабочих температур:

Л — летний тип (от —20 до +60°С);

Х — хладостойкий (от —40 до +40°С);

У — универсальный (от —50 до +60°С).

Если на втором месте в обозначении стоят буквы МВД, то это означает, что элемент имеет марганцево-воздушную деполяризацию. При воздушной и марганцево-воздушной деполяризации разрядный ток должен быть примерно вдвое меньше, чем при марганцевой деполяризации у элемента той же емкости. В конце обозначения элемента (после второй черточки) стоит число, указывающее емкость элемента в ампер-часах.

В обозначениях батарей буквы и цифры имеют следующий смысл:

АМЦГ — анодная, марганцево-цинковой системы, галетная;

АНМЦ — анодная и накальная, марганцево-цинковой системы;

АСМЦГ — анодная и сеточная, марганцево-цинковой системы, галетная;

БАС — батарея анодная сухая;

БНС — батарея накальная сухая;

БС — батарея сухая;

БСС — батарея сигнальная сухая;

ВМЦ — воздушно-марганцево-цинковой системы (НВМЦ или ТВМЦ — накальная или телефонная);

Г — галетная;

КБС — карманная батарея сухая;

РЗА и РЗН — радиозондовая анодная и радиозондовая накальная;

СА — батарея для слуховых аппаратов.

Л, Х или У характеризуют интервал рабочих температур, как и в обозначении элементов.

Первое число (может быть в начале или в середине обозначения) указывает напряжение в вольтах (округленно); второе (последнее) число указывает емкость батареи в ампер-часах.

Буква П ставится в конце обозначения батарей, имеющих панель с выводами.

Таблица 8-59. **Гальванические элементы и батареи**

Во второй графе таблицы указано начальное напряжение при разряде на нормальную нагрузку, составляющую 113 *ом* на один элемент анодной батареи и 10 *ом* на один элемент всех других батарей.

В третьей графе приведена емкость, т. е. то количество электричества, которое может отдать элемент или батарея, разряжаясь до определенного конечного напряжения. За конечное принимается напряжение, составляющее 50—60% от начального.

Вес (в последней графе) водоналивных элементов указан для незалитых водой элементов.

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Габариты, *мм*	Вес, *кг*
1С-Л-3,1	1,4	3,1	34× 34× 85	0,145
2С-Л-9	1,42	9	42× 42×102	0,3
3С-Л-30	1,44	30	57× 57×132	0,7
4С-Л-37	1,42	37	82× 42×179	1,1
3С-КР-Л-28	1,44	28	57× 57×132	0,7
3С-МВД-60	1,35	45	57× 57×132	0,7
1КС-Х-3	1,57	3	Ø 34× 63	0,115
1,28-НВМЦ-525	1,28	525	160×160×185	6,5
1,30-НВМЦ-150	1,30	150	82 × 82×176	1,7
1,35-ТВМЦ-50	1,35	50	57 × 57×132	0,6

Продолжение

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Габариты, *мм*	Вес, *кг*
2С-4,5	4,5	8	100×44×120	0,88
ФБС-Х-0,25	1,3	0,25	⌀ 21,1×37,5	0,02
БНС-1,6-5	1,6	5,2	166×66×22,5	0,38
БНС-5-10	5,5	10,0	88×164×180	4,6
БСС-МВД-5-150	5,0	150	170×170×185	6,5
КБС-Л-0,50	3,7	0,50	63×22×67	0,16
КБС-Х-0,70	4,1	0,70	63×22×67	0,16
НС-СА	1,5	2,4	⌀ 36×102	0,18
БГ-4,5	4,2	1,0	102×37×81	0,38
РЗН-7	7	2,0	77×39×36	0,11
54-АСМЦГ-5П				
анодная	54	5	225×85×235	7,0
сеточная	4,0	5		
65-АНМЦ-1,3П				
анодная	65	1,3	125×120×190	3,5
накальная	2,5	29,5		
70-АМЦГ-5	76	5	155×155×215	8,5
БАС-60-Х-0,5	68	0,5	174×112×50	1,2
БАС-60-Х-0,7	71	0,7	158×138×73	2,2
БАС-70-Х-0,95	84	0,95	216×110×70	2,3
БАС-80-Л-0,9	92	0,9	218×138×73	3,0
БАС-80-Х-1,0	102	1,0	218×138×73	3,0
БАС-Г-60-Л-1,3	71	1,3	174×112×50	1,5
БАС-Г-80-Л-0,8	95	0,8	174×117×153	1,7
БАС-Г-80-Л-2,1	102	2,1	218×138×73	3,35
БАС-Г-90-Л-1,3	106	1,3	185×145×59	2,2
БАС-Г-120-Л-0,27	120	0,27	240×97×40	1,3
БАС-Г-160-Л-0,35	160	0,35	109×77×144	1,8
БС-70	73	7,0	350×185×120	13,0
БС-Г-70	73	7,0	155×155×245	9,0
Б-30	28	13	342×287×200	20
Б-72	70	3	450×360×170	25
ГАБ-СА-45	46	0,3	40×65×110	0,35
ГБ-СА-45	46	0,2	54×46×100	0,24
ГБ-15	19	—	69×29×19	0,05
ГБ-22,5	22,5	0,15	77×35×23	0,10
ГБ-60	66	0,1	70×40×80	0,35
ГБ-70	76	0,1	52×42×142	0,38
ГБ-80	85	0,15	26×74×160	0,4
ГБ-95	92	0,36	181×66×39	0,65
ГБ-100	109	—	⌀ 47×111	0,275
ГБ-200	220	0,1	89×62×147	1,0
ГБ-300 № 2	320	0,1	150×80×76	1,3
ГБ-300 № 4	335	0,05	80×60×145	0,65
РЗА-21	21	—	61×39×34	0,095

§ 8-37. Аккумуляторы *)

Аккумуляторы являются вторичными химическими источниками электрической энергии. При зарядке аккумулятора в результате химической

*) Подробнее см. И. И. Спижевский, Гальванические батареи аккумуляторы, М. — Л., 1949.

реакции в нем накапливается энергия, которая при разрядке идет на создание тока в разрядной цепи. Аккумуляторы используются в тех случаях, когда вблизи мест расположения радиоаппаратуры нет электросети или же она обладает большой нестабильностью.

Промышленность выпускает три типа радиотехнических аккумуляторов, различающихся электродами: *свинцовые, кадмиево-никелевые, железно-никелевые*. Первый тип также называется *кислотным*, а два последние — *щелочными*, по электролитам, применяющимся в них.

Кислотные аккумуляторы имеют бо́льшую э. д. с., чем щелочные; бо́льший коэффициент полезного действия; малое внутреннее сопротивление; лучшее постоянство напряжения во время разряда и малую разность между напряжениями зарядки и разрядки, что особенно важно при использовании аккумуляторов в качестве буферной батареи.

Щелочные аккумуляторы также имеют ряд преимуществ перед кислотными. Они обладают бо́льшей механической прочностью; не боятся кратковременных коротких замыканий; проще в обслуживании; зарядка и разрядка могут производиться большим током; долго могут оставаться в разряженном состоянии; отсутствуют пары кислот, выделяющихся при эксплуатации кислотных аккумуляторов.

Для малогабаритной переносной аппаратуры разработаны миниатюрные герметизированные кадмиево-никелевые аккумуляторы, которые можно монтировать в любом положении на панели радиоустройства. Такой аккумулятор напряжением 1,25 *в* и емкостью в 0,06 *а-ч* имеет вид и размеры десятикопеечной монеты.

Весьма высокими качествами обладают *серебряно-цинковые* аккумуляторы. Удельная емкость у них больше, чем у других типов аккумуляторов. Эти аккумуляторы могут создавать большие импульсы тока (например, от аккумулятора емкостью в 0,5 *а-ч* удавалось получать кратковременный ток до 600 *а*) и обладают значительно меньшим (раз в 6—8) саморазрядом, чем щелочные и кислотные. Чистое серебро в таком аккумуляторе служит положительным электродом, окись цинка — отрицательным. Электролит — раствор едкого кали. Номинальное напряжение одного элемента около 1,5 *в*.

Высокая стоимость серебряно-цинковых аккумуляторов ограничивает их применение.

Таблица 8-60. Кислотные радионакальные и радиоанодные аккумуляторы

Электролитом в этих аккумуляторах служит водный раствор серной кислоты. Плотность электролита в начале разрядки должна быть по ареометру 32° (удельный вес 1,28) для батарей 3РН-110 и 28° (удельный вес 1,24) для всех других батарей. Номинальное напряжение одного элемента 2 *в*; после зарядки оно достигает 2,6 ÷ 2,8 *в*, а в конце разрядки должно быть не ниже 1,8 *в*.

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Максим. разрядный ток, *а*	Габариты, *мм*	Вес с электролитом, *кг*
РН-60	2	60	6	171×113×233	7,9
2РН-80	4	80	8	249×167×231	16,4
3РН-110	6	110	11	342×194×357	31,8
10РА-10	20	10	1	260×200×212	17,6

Таблица 8-61. Щелочные накальные и анодные аккумуляторы

Электролитом служит водный раствор едкого кали или едкого натра. Летний электролит — раствор едкого натра плотностью 21 ÷ 23° (уд. вес 1,17÷1,19) при температуре выше + 10° С. При отсутствии едкого натра можно применять едкое кали плотностью 22 ÷ 23° (уд. вес 1,18÷1,19), но только для кадмиево-никелевых аккумуляторов. Зимний электролит — раствор едкого кали плотностью 23 ÷ 25° (уд. вес 1,19 ÷ 1,21) при температуре от + 10 до — 10° С; при температуре ниже — 10° С плотность 31 ÷ 33° (уд. вес 1,27 ÷ 1,30).

Для повышения срока службы и увеличения емкости щелочных аккумуляторов рекомендуется добавлять в электролит моногидрат гидроокиси лития (LiOH).

Железо-никелевые аккумуляторы подвержены большему саморазряду (в 2—3 раза) и имеют более высокое внутреннее сопротивление (в 1,5—2 раза), чем кадмиево-никелевые; кроме того, они быстрее портятся при систематических глубоких разрядках.

В обозначении анодных и накальных кадмиево-никелевых аккумуляторов содержатся буквы АКН и НКН; в обозначении железо-никелевых употребляются буквы ЖН. По габаритам и электрическим характеристикам выпускаемые типы железо-никелевых аккумуляторов аналогичны соответствующим кадмиево-никелевым.

Номинальное напряжение одного элемента щелочного аккумулятора 1,25 *в*. При разрядном токе, указанном в таблице, аккумулятор отдает энергию, соответствующую номинальной емкости в течение 8-часовой непрерывной разрядки.

Таблица 8-61

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Максим. разрядный ток, *а*	Габариты, *мм*	Вес с электролитом, *кг*
4НКН-10	5	10	1,25	188×76×128	3,1
4НКН-45	5	45	5,65	305×148×252	14,5
4НКН-60	5	60	7,5	262×170×388	23,5
4НКН-100	5	100	12,5	374×178×388	33,0
5НКН-10	6,25	10	1,25	190×89×128	3,84
5НКН-45	6,25	45	5,65	372×148×252	17
5НКН-60	6,25	60	7,5	315×170×388	29
5НКН-100	6,25	100	12,5	459×178×388	38,5
7НКН-45	8,75	45	5,65	508×148×252	24
10НКН-22	12,5	22	2,75	465×148×252	21
10НКН-45	12,5	45	5,65	707×152×252	33,5
10НКН-60	12,5	60	7,5	600×170×388	56
10НКН-100	12,5	100	12,5	884×178×388	75
17НКН-45	21,25	45	5,65	640×289×252	—
32АКН-2,25	40	2,25	0,28	525×165×168	14,2
64АКН-2,25	80	2,25	0,28	525×317×168	28,6

Таблица 8-62. **Серебряно-цинковые аккумуляторы**

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а-ч*	Зарядный ток, *а*	Ток пятиминутной разрядки, *а*	Габариты, *мм*	Вес, *г*
СЦ-0,5	1,5	0,5	0,5	7	14×27×37	19,5
СЦ-5	1,5	5	5	70	32×45×63	165
СЦ-11	1,5	12	10	120	21×41×100	190
СЦ-25	1,5	25	25	300	47×47×107	470
СЦ-45	1,5	45	50	700	47×51×140	700
СЦ-95	1,5	95	100	1200	71×55×212	1820
СЦ-100	1,5	100	100	1200	50×105×140	1950

Таблица 8-63. **Выпрямители для зарядки аккумуляторов**

Тип	Напряжение питающей сети, *в*	Выпрямленное напряжение и ток, *в/а*
ВСА-1	127 или 220	6/12 или 9/6
ВСА-2	220 или 380	7,5/5
ВСА-4	110, 127 или 220	240/2 или 120/2
ВСА-5	110, 127 или 220	0 ÷ 32/0 ÷ 12 или 32 ÷ 64/0 ÷ 12
ВСА-6М	110, 127 или 220	12/12, 24/12, 24/24 или 12/24
ВСА-10	110, 127 или 220	6/12, 12/7 или 6/7
ВАК-8	110	13,2/0,6
ВАК-10	110	12/2,4
ВАК-12	110	2 ÷ 4/0,8

§ 8-38. Стабилизированные источники питания от сети переменного тока частотой 50 *гц* *)

Источник накальных напряжений ИНН-1. Представляет собой стабилизатор эффективного напряжения переменного тока.

Вход: переменный ток напряжением 220 *в* + 10%, — 15% с частотой 45 ÷ 55 *гц*.

Выход: переменный ток со следующими значениями величин стабилизированных эффективных напряжений:

2,15; 2,5; 4,0; 5,0 *в* при токе нагрузки до 5 *а*; 6,3 *в* при токе нагрузки до 2,5 *а*;

6,3; 12,6; 24,0 *в* при токе нагрузки до 2,5 *а*; 220 *в* при токе нагрузки до 1 *а*.

*) Подробнее см. Р. М. Малинин, Питание приемников от электросети, М.—Л., 1950; С. Я. Лившиц, Феррорезонансные стабилизаторы напряжения, М.—Л., 1951.

Выходная мощность не менее 250 *вт*. При изменении нагрузки от нуля до максимальной нестабильность выходных напряжений не более ± 5%.

Габариты 510 × 234 × 316 *мм*. Вес 48 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный ВС-9. Предназначен для питания радиофизических устройств регулируемым стабилизированным постоянным напряжением.

Вход· переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в*; потребляемая мощность около 240 *вт*.

Выход· стабилизированное постоянное напряжение, регулируемое в пределах от 500 до 4000 *в*; нестабильность не более ± 0,5%, а пульсации не более 0,001% при допустимом токе нагрузки до 1 *ма*.

Габариты 700 × 410 × 410 *мм*. Вес 45 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный ВС-10. Назначение то же, что и у ВС-9. Отличается более высокой стабилизацией.

Вход· переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 150 *в т*.

Выход стабилизированное постоянное напряжение, регулируемое в пределах от 600 до 4000 *в*, нестабильность не более ± 0,03%, а амплитудные пульсации не более 1 *мв* при допустимом токе нагрузки не более 1 *ма*.

Выпрямитель собран в двух блоках одинаковых размеров 700 × 410 × 410 *мм*. Общий вес 100 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный ВС-11. Предназначен для питания различных радиотехнических устройств в лабораторных условиях.

Вход переменный ток 50 *гц* ± 10% напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 200 *ва*.

Выход· а) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от 150 до 300 *в*; нестабильность не превышает ± 0,1%, а пульсации не более 0,002% от величины выходного напряжения при токе в нагрузке от 10 до наибольшего допустимого — 100 *ма*;

б) нестабилизированное напряжение переменного тока 6,3 *в* с допустимым током нагрузки до 2,5 *а*.

Габариты 500 × 330 × 240 *мм*. Вес около 30 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный БС-12. Предназначен для питания различных радиотехнических устройств в лабораторных условиях.

Вход· переменный ток 50 *гц* ± 10% напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 480 *ва*.

Выход а) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от 150 до 300 *в*; нестабильность не превышает ± 0,1%, а амплитуда пульсаций не более 2 *мв* при токе в нагрузке от 30 до наибольшего допустимого — 300 *ма*;

б) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах 0 ÷ 75 *в*; нестабильность не превышает ± 0,2%, а амплитуда пульсации не более 2,5 *мв* при наибольшем допустимом токе нагрузки 5 *ма*;

в) нестабилизированное напряжение переменного тока 6,3 *в* на каждой из трех обмоток накального трансформатора с допустимым током нагрузки 5 *а* на каждую из обмоток.

Габариты 700 × 410 × 410 *мм*. Вес 50 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный ВС-13. Предназначен для питания выпрямленным стабилизированным напряжением 6,3 *в* радиотехнических устройств в лабораторных и цеховых условиях.

Вход переменный ток 50 *гц* ± 1% напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 310 *ва*.

Выход. выпрямленное стабилизированное напряжение 6,3 ± 0,03 *в*, нестабильность не превышает ± 0,2%, а амплитуда пульсаций не более 5 *мв* при токе в нагрузке от 0,3 до наибольшего допустимого— 5 *а*.

Габариты 700 × 410 × 410 *мм*. Вес не более 50 *кг*.

Выпрямитель стабилизированный ВС-16. Предназначен для питания в лабораторных условиях фотоэлектронных умножителей и других радиофизических устройств.

Вход: переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в* ± 10%; потребляемая мощность 240 *ва*.

Выход выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от — 500 до — 2500 *в* (плюс соединен с корпусом выпрямителя); нестабильность не превышает ± 0,5%, а пульсации не более 0,001% при изменении тока нагрузки от 1 *ма* до наибольшего допустимого — 4 *ма*.

Габариты 700 × 410 × 410 *мм*. Вес 50 *кг*.

Высоковольтный стабилизированный выпрямитель ВСЭ-2500. Предназначен для питания в лабораторных условиях фотоэлектронных умножителей, ионизационных камер и других устройств, требующих высоких напряжений питания при потреблении малого тока.

Вход переменный ток 50 *гц* напряжением 110, 127 или 220 *в* ± 10%.

Выход выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от 100 до 2500 *в* (оба полюса изолированы от корпуса выпрямителя); нестабильность не превышает ± 1%; сопротивление нагрузки должно быть не менее 100 *Мом*.

Выпрямитель высоковольтный стабилизированный ВВС-1. Предназначен для питания в лабораторных условиях высоковольтных цепей и радиоустройств.

Вход переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в* + 5%, — 15%.

Выход выпрямленное стабилизированное постоянное напряжение, регулируемое в пределах от 500 до 1000 *в*; нестабильность не превышает ± 0,5%, а пульсации не более 0,1% при допустимом токе нагрузки до 100 *ма*.

Габариты 480 × 280 × 225 *мм*. Вес 30 *кг*.

Выпрямитель универсальный стабилизированный ВУС-1. Предназначен для питания различных радиотехнических устройств в лабораторных условиях.

Вход. переменный ток 50 *гц* напряжением 220 *в* ± 15%.

Выход: а) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от 100 до 400 *в* (минус соединен с корпусом выпрямителя); нестабильность не превышает ± 0,5%, а пульсации не более 0,1% при допустимом токе нагрузки до 300 *ма*;

б) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от нуля до — 250 *в* (плюс соединен с корпусом выпрямителя); нестабильность не превышает ± 0,5%, а уровень пульсаций не более 0,1%;

в) переменные нестабилизированные напряжения 2,0; 2,5; 4,0; 6,3 *в* при токе нагрузки до 5 *а* и 12,6; 24,0 *в* при токе нагрузки до 2,5 *а*.

Габариты 480 × 320 × 240 *мм*. Вес 36 *кг*.

Универсальный источник питания УИП-1. Предназначен для питания различных радиотехнических устройств.

Вход переменный ток частотой 45 ÷ 55 *гц* напряжением 127 или 220 *в* ± 15%.

Выход а) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от 100 до 550 *в*; нестабильность не превышает ± 1%; ток нагрузки до 600 *ма*;

б) выпрямленное стабилизированное напряжение, регулируемое в пределах от нуля до 400 *в*; нестабильность не превышает ± 1%; ток нагрузки до 5 *ма*;

в) переменные нестабилизированные напряжения 2,15; 2,5; 4,0; 5 *в* при токе нагрузки до 4 *а* и 12,6; 21 *в* при токе нагрузки до 2,5 *а*.

Габариты 480 × 300 × 280 *мм*. Вес 35 *кг*.

Источник высоковольтных напряжений ИВН-1. Предназначен для питания электронно-лучевых трубок.

Вход переменный ток частотой 45 ÷ 55 *гц* напряжением 220 *в* ± 10%.

Выход два отдельных выпрямленных стабилизированных напряжения, регулируемые в пределах от 500 до 3000 *в* и от 2000 до 10 000 *в*; нестабильность не превышает ± 0,5%, а пульсации не более 0,5% при допустимом токе нагрузки до 5 *ма* в каждом канале.

§ 8-39. Автотрансформаторы типа ЛАТР

Лабораторные переносные автотрансформаторы предназначены для плавного регулирования напряжения в цепях переменного тока промышленной частоты.

Первичное напряжение 220 *в*; пределы регулирования напряжения от нуля до 250 *в*; цена деления шкалы 10 *в*; коэффициент полезного действия 0,95.

Автотрансформатор ЛАТР имеет следующую конструкцию. Однослойная обмотка размещена на цилиндрическом замкнутом железном сердечнике. По обмотке вдоль очищенной от изоляции дорожке скользит угольный контакт при вращении штурвала, расположенного в верхней части корпуса. Вся боковая поверхность автотрансформатора, за исключением панели с входными и выходными зажимами, охвачена жестяным перфорированным кожухом.

Имеется две модели автотрансформатора ЛАТР, отличающиеся одна от другой максимальной силой тока, габаритами и весом.

ЛАТР-1: максимальная сила тока 9 *а*; габариты 200 × 225 *мм*; вес 10 *кг*.

ЛАТР-2: максимальная сила тока 2 *а*; габариты 132 × 165 *мм*; вес 4 *кг*.

§ 8-40. Вибропреобразователи

Механические вибрационные преобразователи (вибропреобразователи) служат для преобразования низкого напряжения источников постоянного тока в более высокое постоянное напряжение. С помощью механического прерывателя первичный ток становится переменным. Этот ток подается на повышающий трансформатор, вторичная обмотка которого соединена с выпрямителем. Выпрямитель может быть механическим (переключатель, работающий синхронно с первичным прерывателем), селеновым или ламповым. На выходе выпрямителя имеется фильтр, сглаживающий пульсации. Коэффициент полезного действия вибропреобразователей составляет 0,4 ÷ 0,7.

Вибропреобразователи рассчитаны на питание с их помощью передвижных радиоустройств от имеющихся в наличии низковольтных аккумуляторов (например, автомобильных приемников).

Таблица 8-64. **Параметры вибропреобразователей**

Тип вибропреобразователя	Вход		Выход	
	напряжение, *в*	ток, *а*	напряжение, *в*	ток, *а*
ВПК	2,4	1,1	110	10
ВПКУ	2,4	0,8	110	10
ВП-1	6	0,33	110	10
ВПР-6	5	0,6/2	110/220	10/30
ВП-10А	26	0,57	220	50
ВП-10Б	12	1,26	220	50
ВП-21	6	5	300	70

§ 8-41. Термоэлектрогенераторы *)

Термоэлектрогенераторы представляют устройства, преобразующие с помощью термоэлементов тепловую энергию керосиновой лампы «молния» (использующейся одновременно и для освещения) в электрическую энергию. Используются для питания батарейных приемников в сельских местностях при отсутствии электросети.

Две термобатареи с большим числом последовательно соединенных термоэлементов надеваются на укороченное ламповое стекло лампы «молния» так, чтобы спаи термоэлементов нагревались как лучеиспусканием, так и горячими газами горящей лампы.

Концы термоэлементов охлаждаются с помощью ребристого радиатора, укрепленного с внешней стороны блока термобатарей (рис. 8-36, где *1* — теплопередатчик; *2* — блоки термобатареи; *3* — вытяжная труба; *4* — ребра радиатора охлаждения).

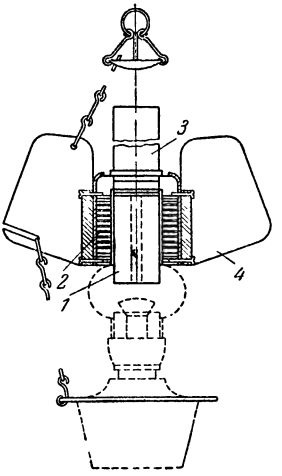


Рис. 8-36.

В модели ТГК-3 одна термобатарея может давать ток 2 *а* при напряжении 2 *в*; она предназначена для питания анодов через вибропреобразователь. Другая термобатарея, для питания накалов дает ток 0,5 *а* при напряжении 2 *в* (имеется еще отвод на 1,2 *в*; 0,36 *а*). Общая вторичная мощность 3 *вт*. Термоэлектрогенератор ТГК-3 прост в обслуживании, долговечен, не боится коротких замыканий.

В 1956 г. выпущена новая модель термоэлектрогенератора ТЭГК-2-2, предназначенная для тех же целей. В отличие от ТГК-3 анодная термобатарея в новой модели непосредственно (без вибропреобразователя) дает высокое напряжение. Анодная термобатарея ТЭГК-2-2 имеет: э. д. с. = 200 *в*, внутреннее сопротивление $R_i = 10$ *ком*, а накальная термобатарея: э. д. с. = = 1,7 *в*, $R_i = 1{,}7$ *ом*.

Для питания передвижной радиостанции «Урожай» и малых радиотрансляционных узлов в 1956 г. началось производство более мощных термоэлектрогенераторов ТГК-10, нагреваемых керогазом. Накальная термобатарея ТГК-10 обеспечивает ток 0,7 *а* при напряжении 1,2 *в*. Анодная батарея позволяет получать ток 1 *а* при напряжении 10 *в*, который подается в вибропреобразователь для питания анодов ламп.

*) См., например, В. Даниэль-Бэк, А. Воронин, Н. Рогинская, Термоэлектрогенератор ТГК-3, Радио, № 2, стр. 24, 1957.

1. Перевод градусов шкалы Фаренгейта в градусы стоградусной шкалы

Сотни °F \ °F	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45
0	−17,8	−15,0	−12,2	− 9,4	− 6,7	− 3,9	− 1,1	1,7	4,4	7,7
1	37,8	40,6	43,3	46,1	48,9	51,7	54,4	57,2	60,0	62,8
2	93,3	96,1	98,8	101,8	104,4	107,2	110,0	112,8	115,6	118,3
3	148,9	151,7	154,4	157,2	160,0	162,8	165,6	168,3	171,1	173,9
4	204,4	207,2	210,0	212,8	215,6	218,3	221,1	223,9	226,7	229,4
5	260,0	262,8	265,6	268,3	271,1	273,9	276,7	279,4	282,2	285,0
6	315,6	318,3	321,1	323,9	326,7	329,4	332,2	335,0	337,8	340,6
7	371,1	373,9	376,7	379,4	382,2	385,0	387,8	390,6	393,3	396,1
8	426,7	429,4	432,3	435,0	437,8	440,6	443,3	446,1	449,9	451,7
9	482,2	485,0	487,8	490,6	493,3	496,1	498,9	501,7	504,4	507,2
10	537,8	540,6	543,3	546,1	548,9	551,7	554,4	557,2	560,0	562,8
11	593,3	596,1	598,9	601,7	604,4	607,2	610,0	612,8	615,6	618,3
12	648,9	651,7	654,4	657,2	660,0	662,8	665,6	668,3	671,1	673,9
13	704,4	707,2	710,0	712,8	715,6	718,3	721,1	723,9	726,7	729,4
14	760,0	762,8	765,6	768,3	771,1	773,9	776,7	779,4	782,2	785,0
15	815,6	818,3	821,1	823,9	826,7	829,4	832,2	835,0	837,8	840,6
16	871,1	873,9	876,7	879,4	882,2	885,0	887,8	890,6	893,3	896,1
17	926,7	929,4	932,2	935,0	937,8	940,6	943,3	946,1	948,9	951,7
18	982,2	985,0	987,8	990,6	993,3	996,1	998,9	1001,7	1004,4	1007,2
19	1037,8	1040,6	1043,3	1046,1	1048,9	1051,7	1054,4	1057,2	1060,0	1062,8
20	1093,3	1096,1	1098,9	1101,7	1104,4	1107,2	1110,0	1112,8	1115,6	1118,3

Продолжение

Сотни °F \ °F	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
0	10,0	12,8	15,6	18,3	21,1	23,9	26,7	29,4	32,2	35,0
1	65,6	68,3	71,1	73,9	76,7	79,4	82,2	85,0	87,8	90,6
2	121,1	123,9	126,7	129,4	132,2	135,0	137,8	140,6	143,3	146,1
3	176,7	179,4	182,2	185,0	187,8	190,6	193,3	196,1	198,9	201,7
4	232,2	235,0	237,8	240,6	243,3	246,1	248,9	251,7	254,4	257,2
5	287,8	290,6	293,3	296,1	298,9	301,7	304,4	307,2	310,0	312,8
6	343,3	346,1	348,9	351,7	354,4	357,2	360,0	362,8	365,6	368,3
7	398,9	401,7	404,4	407,2	410,0	412,8	415,6	418,3	421,1	423,9
8	454,4	457,2	460,0	462,8	465,6	468,3	471,1	473,9	476,7	479,4
9	510,0	512,8	515,6	518,3	521,1	523,9	526,7	529,4	532,2	535,0
10	565,6	568,3	571,1	573,9	576,7	579,4	582,2	585,0	587,8	590,6
11	621,1	623,9	626,7	629,4	632,2	635,0	637,8	640,6	643,3	646,1
12	676,7	679,4	682,2	685,0	687,8	690,6	693,3	696,1	698,9	701,7
13	732,2	735,0	737,8	740,6	743,3	746,1	748,9	751,7	754,4	757,2
14	787,8	790,6	793,3	796,1	798,9	801,7	804,4	807,2	810,0	812,8
15	843,3	846,1	848,9	851,7	854,4	857,2	860,0	862,8	865,6	868,3
16	898,9	901,7	904,4	907,2	910,0	912,8	915,6	918,3	921,1	923,9
17	954,4	957,2	960,0	962,8	965,6	968,3	971,1	973,9	976,7	979,4
18	1010,0	1012,8	1015,6	1018,3	1021,1	1023,9	1026,7	1029,4	1032,2	1035,0
19	1065,6	1068,3	1071,1	1073,9	1076,7	1079,4	1082,2	1085,0	1087,8	1090,6
20	1121,1	1123,9	1126,7	1129,4	1132,2	1135,0	1137,8	1140,6	1143,3	1146,1

2. Перевод величин из британской системы единиц в метрическую

Перевод ft^3/lb в $м^3/кг$ ($1 ft^3/lb = 0{,}06243\ м^3/кг$)

Дес. \ Ед.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,6243	0,6867	0,7492	0,8116	0,8740	0,9364	0,9989	1,0613	1,1237	1,1862
2	1,2486	1,3110	1,3735	1,4359	1,4983	1,5608	1,6232	1,6856	1,7480	1,8105
3	1,8729	1,9353	1,9978	2,0602	2,1226	2,1850	2,2475	2,3099	2,3723	2,4348
4	2,4972	2,5596	2,6221	2,6845	2,7469	2,8094	2,8718	2,9342	2,9966	3,0591
5	3,1215	3,1839	3,2464	3,3088	3,3712	3,4336	3,4961	3,5585	3,6209	3,6834
6	3,7458	3,8082	3,8707	3,9331	3,9955	4,0580	4,1204	4,1828	4,2452	4,3077
7	4,3701	4,4325	4,4950	4,5574	4,6198	4,6822	4,7447	4,8071	4,8695	4,9320
8	4,9944	5,0568	5,1193	5,1817	5,2441	5,3066	5,3690	5,4314	5,4938	5,5563
9	5,6187	5,6811	5,7436	5,8060	5,8684	5,9308	5,9933	6,0557	6,1181	6,1806
10	6,2430	6,3054	6,3679	6,4303	6,4927	6,5552	6,6176	6,6800	6,7424	6,8049

Перевод lb/ft^3 в $кг/м^3$ ($1 lb/ft^3 = 16{,}0185\ кг/м^3$)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	16,018	17,620	19,222	20,824	22,426	24,028	25,630	27,231	28,833	30,435
2	32,037	33,639	35,241	36,842	38,444	40,046	41,648	43,250	44,852	46,454
3	48,056	49,657	51,259	52,861	54,463	56,065	57,667	59,268	60,870	62,472
4	64,074	65,676	67,278	68,880	70,481	72,083	73,685	75,287	76,889	78,491
5	80,092	81,694	83,296	84,898	86,500	88,102	89,704	91,305	92,907	94,509
6	96,111	97,713	99,315	100,92	102,52	104,12	105,72	107,32	108,92	110,53
7	112,13	113,73	115,33	116,94	118,54	120,14	121,74	123,34	124,94	126,56
8	128,15	129,75	131,35	132,95	134,56	136,16	137,76	139,36	140,96	142,56
9	144,17	145,77	147,37	148,97	150,57	152,18	153,78	155,38	156,98	158,58
10	160,18	161,79	163,39	164,99	166,59	168,19	169,80	171,40	173,00	174,60

Перевод lb/in² (psi) в *кГ/см²* (1lb/in² = 0,0703 *кГ/см²*)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,0703	0,0773	0,0844	0,0914	0,0984	0,1054	0,1125	0,1195	0,1265	0,1336
2	0,1406	0,1476	0,1547	0,1617	0,1687	0,1758	0,1828	0,1898	0,1968	0,2039
3	0,2109	0,2179	0,2250	0,2320	0,2390	0,2460	0,2531	0,2601	0,2671	0,2742
4	0,2812	0,2882	0,2953	0,3023	0,3093	0,3164	0,3234	0,3304	0,3374	0,3445
5	0,3515	0,3585	0,3656	0,3726	0,3796	0,3866	0,3937	0,4007	0,4077	0,4148
6	0,4218	0,4288	0,4359	0,4429	0,4499	0,4570	0,4640	0,4710	0,4780	0,4851
7	0,4921	0,4991	0,5062	0,5132	0,5202	0,5272	0,5343	0,5413	0,5483	0,5554
8	0,5624	0,5694	0,5765	0,5835	0,5905	0,5976	0,6046	0,6116	0,6186	0,6257
9	0,6327	0,6397	0,6468	0,6538	0,6608	0,6678	0,6749	0,6819	0,6889	0,6960
10	0,7030	0,7100	0,7171	0,7241	0,7311	0,7382	0,7452	0,7522	0,7592	0,7663

Перевод BTU в *ккал* (1 BTU = 0,252 *ккал*)

Ед. / Дес.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2,520	2,772	3,024	3,276	3,528	3,780	4,032	4,284	4,536	4,788
2	5,040	5,292	5,544	5,796	6,048	6,300	6,552	6,804	7,056	7,308
3	7,560	7,812	8,064	8,316	8,568	8,820	9,072	9,324	9,576	9,828
4	10,080	10,332	10,584	10,836	11,088	11,340	11,592	11,844	12,096	12,348
5	12,600	12,852	13,104	13,356	13,608	13,860	14,112	14,364	14,616	14,868
6	15,120	15,372	15,624	15,876	16,128	16,380	16,632	16,884	17,136	17,388
7	17,640	17,892	18,144	18,396	18,648	18,900	19,152	19,404	19,656	19,908
8	20,160	20,412	20,664	20,916	21,168	21,420	21,672	21,924	22,176	22,428
9	22,680	22,932	23,184	23,436	23,688	23,940	24,192	24,444	24,696	24,948
10	25,200	25,452	25,704	25,956	26,208	26,208	26,460	26,712	26,964	27,216

Перевод BTU в *кГм* (1 BTU = 107,53 *кГм*)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	107,5	118,3	129,0	139,8	150,5	161,3	172,0	182,8	193,6	204,3
2	215,1	225,8	236,6	247,3	258,1	268,8	279,6	290,3	301,1	311,8
3	322,6	333,3	344,1	354,8	365,6	376,4	387,1	397,9	408,6	419,4
4	430,1	440,9	451,6	462,4	473,1	483,9	494,6	505,4	516,1	526,9
5	537,6	548,4	559,2	569,9	580,7	591,4	602,2	612,9	623,7	634,4
6	645,2	655,9	666,7	677,4	688,2	698,9	709,7	720,4	731,2	742,0
7	752,7	763,5	774,2	785,0	795,7	806,5	817,2	828,0	838,7	849,5
8	860,2	871.0	881,7	892,5	903,2	914,0	924,8	935,5	946,3	957,0
9	967,8	978,5	989,3	1000,0	1010,8	1021,5	1032,3	1043,0	1053,8	1064,5
10	1075,3	1086,0	1096,8	1107,6	1118,3	1129,1	1139,8	1150,6	1161,3	1172,1

Перевод BTU/ft² · h в *ккал/м² · час* (1 BTU/ft² · h = 2,71 *ккал/м² · час*)

Дес. \ Ед.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27,10	29,81	32,52	35,23	37,94	40,65	43,36	46,07	48,78	51,49
2	54,20	56,91	59,62	62,33	65,04	67,75	70,46	73,17	75,88	78,59
3	81.3	84,01	86,72	89,43	92,14	94,85	97,56	100,3	103,0	105,7
4	108,4	111,1	113,8	116,5	119,2	122,0	124,7	127,4	130,1	132,8
5	135,5	138,2	140,9	143,6	146,3	149,0	151,8	154,5	157,2	159,9
6	162,6	165,3	168,0	170,7	173,4	176,2	178,9	181,6	184,3	187,0
7	189,7	192,4	195,1	197,8	200,5	203,2	206,0	208,7	211,4	214,1
8	216,8	219,5	222,2	224,9	227,6	230,4	233,1	235,8	238,5	241.2
9	243,9	246,6	249,3	252.0	254,7	257,4	260,2	262,9	265,6	268,3
10	271,0	273,7	276,4	279,1	281,8	284,6	287,3	290,0	292,7	295 4

Перевод BTU/ft · h · °F в *ккал/м · час* · °C (1 BTU/ft · h · °F = 1,488 *ккал/м · час* · °C)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,488	1,637	1,786	1,934	2,083	2,232	2,381	2,530	2,678	2,827
2	2,976	3,125	3,274	3,422	3,571	3,720	3,869	4,018	4,166	4,315
3	4,464	4,613	4,762	4,910	5,059	5,208	5,357	5,506	5,654	5,803
4	5,952	6,101	6,250	6,398	6,547	6,696	6,845	6,994	7,142	7,291
5	7,440	7,589	7,738	7,886	8,035	8,184	8,333	8,482	8,630	8,779
6	8,928	9,077	9,226	9,374	9,523	9,672	9,821	9,970	10,12	10,27
7	10,42	10,56	10,71	10,86	11,01	11,16	11,31	11,46	11,61	11,76
8	11,90	12,05	12,20	12,35	12,50	12,65	12,80	12,94	13,09	13,24
9	13,39	13,54	13,69	13,84	13,99	14,14	14,28	14,43	14,58	14,73
10	14,88	15,03	15,18	15,33	15,48	15,62	15,77	15,92	16,07	16,22

Перевод BTU/ft² · h · °F в *ккал/м² · час* · °C (1 BTU/ft² · h · °F = 4,882 *ккал/м² · час* · °C)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,882	5,370	5,858	6,347	6,835	7,323	7,811	8,299	8,788	9,276
2	9,764	10,25	10,74	11,23	11,72	12,20	12,69	13,18	13,67	14,16
3	14,65	15,13	15,62	16,11	16,60	17,09	17,58	18,06	18,55	19,04
4	19,53	20,02	20,50	20,99	21,48	21,97	22,46	22,94	23,43	23,92
5	24,41	24,90	25,39	25,87	26,36	26,85	27,34	27,83	28,32	28,80
6	29,29	29,78	30,27	30,76	31,24	31,73	32,22	32,71	33,20	33,68
7	34,17	34,66	35,15	35,64	36,13	36,62	37,10	37,59	38,08	38,57
8	39,06	39,54	40,03	40,52	41,01	41,50	41,98	42,47	42,96	43,45
9	43,94	44,43	44,91	45,40	45,89	46,38	46,87	47,36	47,84	48,33
10	48,82	49,31	49,80	50,28	50,77	51,26	51,75	52,24	52,72	53,21

3. Коэффициенты для перевода единиц энергии

Единицы энергии	*дж*	*вт-ч*	*квт-ч*	*ккал*	BTU	*кГм*	*фтфн*	*эв*
Интернациональный джоуль (*дж-вт-сек* = 0,001 *квт-сек*)	1	$0{,}278 \cdot 10^{-3}$	$0{,}278 \cdot 10^{-6}$	$0{,}239 \cdot 10^{-3}$	$0{,}948 \cdot 10^{-3}$	0,102	0,7375	$6{,}25 \cdot 10^{18}$
Ватт-час (*вт-ч*)	3600	1	0,001	0,86	3,413	637,2	2656	$22{,}48 \cdot 10^{21}$
Киловатт-час (*квт-ч*)	$3{,}6 \cdot 10^{6}$	1000	1	860	3 413	$367{,}2 \cdot 10^{3}$	$2{,}656 \cdot 10^{6}$	$22{,}48 \cdot 10^{12}$
Интернациональная калория (*ккал*)	4186	1,163	0,001163	1	3,968	427	3088	$26{,}11 \cdot 10^{19}$
Британская тепловая единица (BTU)	1055	0,293	$0{,}293 \cdot 10^{-3}$	0,252	1	107,6	778	$6{,}58 \cdot 10^{19}$
Килограммометр (*кГм*)	9,81	0,00272	$2{,}724 \cdot 10^{-6}$	0,00234	0,00929	1	7,233	$61 \cdot 10^{18}$
Футофунт (*фтфн*)	1,356	$0{,}377 \cdot 10^{-3}$	$0{,}377 \cdot 10^{-6}$	$0{,}324 \cdot 10^{-3}$	$1{,}285 \cdot 10^{-3}$	0,1383	1	$8{,}43 \cdot 10^{18}$
Электроновольт (*эв*)	$16 \cdot 10^{-8}$	$4{,}45 \cdot 10^{-11}$	$4{,}45 \cdot 10^{-14}$	$3{,}83 \cdot 10^{-11}$	—	$1{,}64 \cdot 10^{-8}$	—	1

4. Коэффициенты для перевода единиц мощности

Единицы мощности	*вт*	*квт*	*кГм/сек*	*фтфн/сек*	*л. с.*	HP
Ватт (*вт*)	1	0,001	0,102	0,7375	0,00136	0,00134
Киловатт (*квт*)	1000	1	102	737,5	1,36	1,341
Килограммометр в секунду (*кГм/сек*)	9,81	0,00981	1	7,233	0,01333	0,01315
Футофунт в секунду (*фтфн/сек*)	1,356	$1{,}356 \cdot 10^{-3}$	0,1383	1	$1{,}848 \cdot 10^{-3}$	$1{,}823 \cdot 10^{-3}$
Лошадиная сила (*л. с.*)	736	0,736	75	541	1	0,987
Лошадиная сила английская (HP)	745,5	0,7455	76	548,4	1,013	1

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

К шестому отделу

Таблица 6-1. Свойства воды и пара на линии насыщения (стр. 11).
Таблица 6-2. Удельный вес воды и перегретого пара (стр. 18).
Таблица 6-3. Энтальпия воды и перегретого пара (стр. 44).
Таблица 6-4. Теплопроводность воды и пара (стр. 70).
Таблица 6-5. Динамическая вязкость воды и пара (стр. 73).
Таблица 6-6. Кинематическая вязкость воды и пара (стр. 76).
Таблица 6-7. Физические параметры воды и пара на линии насыщения (стр. 79).
Таблица 6-8. Физические параметры тяжелой воды при температуре насыщения (стр. 80).
Таблица 6-9. Физические параметры дифенильной смеси (стр. 81).
Таблица 6-10. Физические параметры смеси солей Na и K (стр. 83).
Таблица 6-11. Свойства ртути и ртутного пара на линии насыщения (стр. 84).
Таблица 6-12. Свойства металлов, применяемых в качестве теплоносителей (стр. 85).
Таблица 6-13. Физические параметры жидких металлов (стр. 86).
Таблица 6-14. Некоторые характеристики холодильных агентов (стр. 88).
Таблица 6-15. Динамическая вязкость и теплопроводность некоторых холодильных агентов на линии насыщения (стр. 89).
Таблица 6-16. Физические параметры аммиака на линии насыщения (стр. 90).
Таблица 6-17. Физические параметры фреона 12 на линии насыщения (стр. 91).
Таблица 6-18. Физические параметры CH_4, C_3H_8, C_2H_4 и фреонов на линии насыщения (стр. 92).
Таблица 6-19. Физические параметры дихлорметана, сернистого ангидрида, этана и фреона 142 на линии насыщения (стр. 94).
Таблица 6-20. Физические параметры двуокиси углерода на линии насыщения (стр. 97).
Таблица 6-21. Удельный вес двуокиси углерода (стр. 98).
Таблица 6-22. Энтальпия двуокиси углерода (стр. 102).
Таблица 6-23. Теплоемкость двуокиси углерода (стр. 104).
Таблица 6-24. Теплопроводность двуокиси углерода (стр. 105).
Таблица 6-25. Динамическая вязкость двуокиси углерода (стр. 106).
Таблица 6-26. Удельный вес и энтальпия гелия (стр. 107).
Таблица 6-27. Теплопроводность и динамическая вязкость гелия (стр. 108).
Таблица 6-28. Удельный вес азота и водорода (стр. 108).
Таблица 6-29. Теплопроводность азота и водорода (стр. 109).
Таблица 6-30. Динамическая вязкость некоторых газов (стр. 110).
Таблица 6-31. Физические параметры газов при $p = 1$ *атм* (стр. 111).
Таблица 6-32. Энтальпия некоторых газов (стр. 114).

Таблица 6-33. Истинные объемные теплоемкости некоторых газов при постоянном давлении (стр. 115).
Таблица 6-34. Средние объемные теплоемкости некоторых газов при постоянном давлении (стр. 116).
Таблица 6-35. Энтальпия углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания (стр. 117).
Таблица 6-36. Истинные объемные теплоемкости углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания при постоянном давлении (стр. 118).
Таблица 6-37. Средние объемные теплоемкости углеводородов, горючих газов и продуктов их сгорания при постоянном давлении (стр. 119).
Таблица 6-38. Характеристические величины для газов (стр. 121).
Таблица 6-39. Дифференциальные уравнения термодинамики (стр. 126).
Таблица 6-40. Эмпирические выражения для определения истинных теплоемкостей газов (стр. 128).
Таблица 6-41. Эмпирические выражения для определения средних теплоемкостей газов (стр. 128).
Таблица 6-42. Скорость звука в некоторых газах при $t = 15°$ С (стр. 132).
Таблица 6-43. Индикаторные и механические к. п. д. двигателей (стр. 135).
Таблица 6-44. К. п. д., удельные расходы условного топлива и удельные расходы тепла паровых конденсационных электростанций (стр. 146).
Таблица 6-45. Расход электроэнергии на собственные нужды электростанции (стр. 146).
Таблица 6-46. Расход электроэнергии на собственные нужды котельной конденсационной электростанции (стр. 147).
Таблица 6-47. Расход пара на собственные нужды электростанции (стр. 147).
Таблица 6-48. Удельный вес водяного пара во влажном воздухе (стр. 149).
Таблица 6-49. Объем влажного воздуха на 1 *кг* сухого (стр. 150).
Таблица 6-50. Энтальпия водяного пара во влажном воздухе (стр. 151).
Таблица 6-51. Теплоемкость золы твердых топлив (стр. 156).
Таблица 6-52. Расход тепла на нагревание газов при постоянном давлении (стр. 156).
Таблица 6-53. Маркировка бурых углей (стр. 160).
Таблица 6-54. Маркировка каменных углей (стр. 161).
Таблица 6-55. Маркировка донецких антрацитов (стр. 161).
Таблица 6-56. Характеристики твердых топлив и мазута (стр. 162).
Таблица 6-57. Объемы воздуха и продуктов сгорания твердых топлив и мазута (стр. 170).
Таблица 6-58. Расход тепла на нагревание воздуха, необходимого для сгорания 1 *кг* твердых топлив и мазута (стр. 172).
Таблица 6-59. Расход тепла на нагревание продуктов сгорания 1 *кг* твердых топлив и мазута (стр. 175).
Таблица 6-60. Характеристики природных газообразных топлив (стр. 178).
Таблица 6-61. Объемы воздуха и продуктов сгорания природных газообразных топлив (стр. 180).
Таблица 6-62. Расход тепла на нагревание воздуха, необходимого для сгорания 1 *нм*^{3} природных газообразных топлив (стр. 181).
Таблица 6-63. Расход тепла на нагревание продуктов сгорания 1 *нм*^{3} природных газообразных топлив (стр. 182).
Таблица 6-64. Характеристики искусственных газообразных топлив (стр. 183).
Таблица 6-65. Объемы воздуха и продуктов сгорания искусственных газообразных топлив (стр. 185).
Таблица 6-66. Расход тепла на нагревание воздуха, необходимого для сгорания 1 *нм*^{3} искусственных газообразных топлив (стр. 186).

Таблица 6-67. Расход тепла на нагревание продуктов сгорания 1 *нм*³ искусственных газообразных топлив (стр. 187).
Таблица 6-68. Физико-химические свойства топочных мазутов (стр. 188).
Таблица 6-69. Физико-химические свойства моторного топлива (стр. 190).
Таблица 6-70. Физико-химические свойства топлива для быстроходных дизелей (стр. 191).
Таблица 6-71. Расчетные характеристики камерных топок с сухим шлакоудалением (стр. 192).
Таблица 6-72. Расчетные характеристики слоевых топок с неподвижной решеткой и ручным забросом топлива (стр. 193).
Таблица 6-73. Расчетные характеристики слоевых механических и полумеханических топок (стр. 194).
Таблица 6-74. Расчетные характеристики топок с жидким шлакоудалением (стр. 203).
Таблица 6-75. Выражения для определения $d_{экв}$ (стр. 208).
Таблица 6-76. Степень черноты полного излучения для различных материалов (стр. 213).
Таблица 6-77. Значения температурных коэффициентов θ (стр. 217).
Таблица 6-78. Характеристика теплоизоляционных материалов (стр. 223).
Таблица 6-79. Характеристика основных теплоизоляционных конструкций (стр. 224).
Таблица 6-80. Потери тепла через изоляцию трубопроводов (стр. 228).
Таблица 6-81. Необходимая толщина изоляции трубопроводов (стр. 229).
Таблица 6-82. Свойства некоторых химических элементов при 0° С (стр. 230).
Таблица 6-83. Свойства неорганических соединений при 0° С (стр. 232).
Таблица 6-84. Коэффициенты для расчета c_p, c_{pm} металлов (стр. 233).
Таблица 6-85. Коэффициенты для расчета $\alpha \cdot 10^6$ *град*$^{-1}$ металлов (стр. 234).
Таблица 6-86. Коэффициенты теплопроводности металлов в зависимости от t °С (стр. 235).
Таблица 6-87. Коэффициенты температуропроводности металлов в зависимости от t° С (стр. 235).
Таблица 6-88 Коэффициенты линейного расширения сталей (стр. 236).
Таблица 6-89. Истинная теплоемкость сталей (стр. 239).
Таблица 6-90. Средняя теплоемкость сталей (стр. 240).
Таблица 6-91. Коэффициенты теплопроводности сталей (стр. 241).
Таблица 6-92. Коэффициенты температуропроводности сталей (стр. 244).
Таблица 6-93. Механические свойства сталей, применяемых в котлотурбостроении (стр. 244).
Таблица 6-94. Пределы прочности серого чугуна и силала (стр. 246).
Таблица 6-95. Номинальные допустимые напряжения для различных расчетных температур стенок (стр. 247).

К седьмому отделу

Таблица 7-1. Номинальные напряжения приемников электроэнергии, генераторов и трансформаторов (стр. 251).
Таблица 7-2. Наименьшие допустимые сечения проводов по условию механической прочности (стр. 253).
Таблица 7-3. Потеря напряжения в трехфазной линии 380 *в* с учетом индуктивности проводов в процентах на 1 *квт·км* (стр. 254).
Таблица 7-4. Потеря напряжения в линии без учета индуктивности проводов в процентах на 1 *квт·км* при напряжении линии 110÷500 *в* и в процентах на 1 *квт·м* при напряжении линии 12 и 36 *в* (стр. 256).

Таблица 7-5. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на голые медные, алюминиевые и сталеалюминиевые провода (стр. 257).
Таблица 7-6. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на изолированные провода, шнуры и кабели (стр. 258).
Таблица 7-7. Длительно-допустимые расчетные нагрузки на кабели с бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочках (стр. 261).
Таблица 7-8. Предельная экономическая плотность тока в $а/мм^2$ (стр. 267).
Таблица 7-9. Значение сопротивления петли прямого и обратного проводов z_1 (стр. 269).
Таблица 7-10. Расчетные значения сопротивлений трансформаторов со схемой соединения У/У-12 (приведенные к напряжению 400 *в*) (стр. 269).
Таблица 7-11. Предохранители серии ПР-2 (стр. 270).
Таблица 7-12. Предохранители НПН (стр. 270).
Таблица 7-13. Предохранители ПН2 (стр. 271).
Таблица 7-14. Предохранители резьбовые (стр. 271).
Таблица 7-15. Турбогенераторы (основные технические данные) (стр. 272).
Таблица 7-16. Возбудители серии ВТ к турбогенераторам серии Т2 (стр. 273).
Таблица 7-17. Возбудители к турбогенераторам серии ТВ2 (стр. 273).
Таблица 7-18. Воздухоохладители к турбогенераторам серии Т2 (стр. 274).
Таблица 7-19. Газоохладители турбогенераторов серии ТВ2 (стр. 275).
Таблица 7-20. Синхронные двигатели серии СМ (стр. 275).
Таблица 7-21. Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные и однофазные с масляным охлаждением (стр. 276).
Таблица 7-22. Трансформаторы силовые трехобмоточные трехфазные и однофазные с масляным охлаждением (стр. 280).
Таблица 7-23. Трансформаторы силовые двухобмоточные трехфазные и однофазные с воздушным охлаждением (стр. 284).
Таблица 7-24. Выбор трехфазных предохранителей высокого напряжения для защиты силовых трансформаторов (стр. 285).
Таблица 7-25. Выпрямители одноанодные ртутные металлические (стр. 285).
Таблица 7-26. Выпрямители ртутные металлические запаянные (стр. 286).
Таблица 7-27. Асинхронные трехфазные электродвигатели мощностью от 0,6 до 100 *квт* (стр. 287).
Таблица 7-28. Установочные размеры электродвигателей защищенного и закрытого обдуваемого исполнения на лапах без фланца (стр. 290).
Таблица 7-29. Установочные размеры электродвигателей защищенного исполнения на лапах без фланца (стр. 291).
Таблица 7-30. Асинхронные двигатели единой серии мощностью до 100 *квт* (стр. 292).
Таблица 7-31. Универсальные коллекторные двигатели (стр. 304).
Таблица 7-32. Типы электрических машин по формам исполнения (стр. 305).
Таблица 7-33. Предельные допустимые превышения температуры частей электрических машин (стр. 308).
Таблица 7-34. Наименьшие допустимые величины сопротивления изоляции обмоток машин (стр. 310).
Таблица 7-35. Конструктивные формы исполнения электродвигателей и их условные обозначения (стр. 310).
Таблица 7-36. Виды электрических машин по способу защиты от действия окружающей среды (стр. 311).
Таблица 7-37. Виды электрических машин по способам охлаждения (стр. 311).
Таблица 7-38. Конструктивный тип электродвигателя в зависимости от характера окружающей среды (стр. 312).

Таблица 7-39. Ориентировочные данные по выбору системы электропривода (стр. 313).
Таблица 7-40. Рубильники и переключатели рубящие единой серии Р, П, РБ, ПБ, РПБ, ППБ, РПЦ, ППЦ (стр. 314).
Таблица 7-41. Пускатели магнитные серии П (стр. 317).
Таблица 7-42. Обмоточные данные пускателей второй—шестой величин (стр. 320).
Таблица 7-43. Выбор плавких вставок для защиты электродвигателей (стр. 320).
Таблица 7-44. Реле тепловые ТРТ (стр. 321).
Таблица 7-45. Реле РТ (стр. 321).
Таблица 7-46. Нагреватели к реле типа РТ-1 (стр. 322).
Таблица 7-47. Нагреватели к реле типа РТ-2 (стр. 323).
Таблица 7-48. Нагреватели к реле типа РТ-3 (стр. 323).
Таблица 7-49. Нагреватели к реле типа РТ-4 (стр. 324).
Таблица 7-50. Автоматические воздушные выключатели (установочные) серии А3100 (стр. 324).
Таблица 7-51. Данные автоматических воздушных выключателей, устойчивых к токам к. з. при присоединении их к различным точкам магистрали низкого напряжения в зависимости от мощности трансформаторов (стр. 324).
Таблица 7-52. Пусковые масляные реостаты для асинхронных электродвигателей (стр. 325).
Таблица 7-53. Командоаппараты кулачковые регулируемые, серии КА410, КА420, КАР40 и КАМ40 (стр. 326).
Таблица 7-54. Контакторы переменного тока серии КТВ (стр. 327).
Таблица 7-55. Катушки втягивающие контакторов (переменного тока) (стр. 328).
Таблица 7-56. Контакторы переменного тока серии КТ5000 (стр. 329).
Таблица 7-57. Блок-контакторы переменного тока КТВ (стр. 330).
Таблица 7-58. Переключатели барабанные серии БП1 (стр. 331).
Таблица 7-59. Реверсоры магнитные серии КТР6200 (стр. 333).
Таблица 7-60. Реакторы пусковые трехфазные серии ПРТМ (стр. 334).
Таблица 7-61. Стандартные ящики сопротивления открытые ЯС2 и ЯС1 (стр. 336).
Таблица 7-62. Выбор магнитных пускателей, тепловых реле, нагревателей и предохранителей (стр. 337).
Таблица 7-63. Станции управления нормализованной серии общего применения для асинхронных двигателей с к. з. ротором (стр. 339).
Таблица 7-64. Станции управления нормализованной серии общего применения для асинхронных двигателей с фазным ротором (стр. 345).
Таблица 7-65. Однофазные электромагниты ЭС1 (стр. 348).
Таблица 7-66. Грузоподъемные электромагниты (стр. 349).
Таблица 7-67. Плиты электромагнитные (стр. 349).
Таблица 7-68. Реле времени для схем автоматического управления (стр. 351).
Таблица 7-69. Кодовые реле (стр. 352).
Таблица 7-70. Магнитные усилители УМ, УМС и ТУМ (стр. 353).
Таблица 7-71. Блоки магнитных усилителей БД (стр. 358).
Таблица 7-72. Выключатели высокого напряжения (стр. 359).
Таблица 7-73. Разъединители внутренней установки (стр. 367)
Таблица 7-74. Разъединители наружной установки (стр. 369).
Таблица 7-75. Отделители, короткозамыкатели, заземлители наружной установки и приводы к ним (стр. 370).
Таблица 7-76. Предохранители высокого напряжения (стр. 371).
Таблица 7-77. Блоки «предохранитель-выключатель» БПВ и «выключатель» БВ (стр. 374).
Таблица 7-78. Трансформаторы тока (стр. 375).

Таблица 7-79. Трансформаторы напряжения (стр. 378).
Таблица 7-80. Реакторы бетонные (стр. 380).
Таблица 7-81. Разрядники вентильные (стр. 388).
Таблица 7-82. Разрядники трубчатые (стр. 389).
Таблица 7-83. Наименьшая ширина коридоров, *см* (стр. 390).
Таблица 7-84. Расстояния от наиболее выступающих частей трансформатора (стр. 390).
Таблица 7-85. Наименьшие разрывы между закрытыми подстанциями и производственными помещениями и сооружениями (стр. 390).
Таблица 7-86. Высота установки аппаратов в РУ до 10 *кв* (стр. 391).
Таблица 7-87. Наименьшие допустимые изоляционные и другие расстояния в закрытых РУ и подстанциях напряжением до 35 *кв* (стр. 392).
Таблица 7-88. Наименьшие разрывы (*м*) между оборудованием подстанций и соседними зданиями (стр. 393).
Таблица 7-89. Наименьшие допустимые изоляционные расстояния для открытых РУ (стр. 393).
Таблица 7-90. Шины круглого и трубчатого сечений (стр. 395).
Таблица 7-91. Шины прямоугольного сечения (стр. 396).
Таблица 7-92. Поправочные коэффициенты на температуры земли и воздуха для токовых нагрузок на кабели, голые и изолированные провода и шины (стр. 397).
Таблица 7-93. Комплектные трансформаторные подстанции КТПН58 (стр. 398).
Таблица 7-94. Комплектные трансформаторные подстанции 10 *кв* до 560 *ква* (стр. 399).
Таблица 7-95. Комплектные трансформаторные подстанции КТП-110 с короткозамыкателем (стр. 400).
Таблица 7-96. Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки типа КТП-1×1800А и КТП-2×1800А (стр. 402).
Таблица 7-97. Комплектные распределительные устройства (КРУ) для внутренней обстановки (стр. 404).
Таблица 7-98. Типы шкафов, из которых составляются КРУ для наружной установки КРН-6 и КРН-10 (стр. 404).
Таблица 7-99. КРУ серии К-VI (стр. 405).
Таблица 7-100. Аккумуляторы С и СК (стр. 406).
Таблица 7-101. Приборы щитовые нормального габарита (стр. 407).
Таблица 7-102. Счетчики переменного тока (стр. 413).
Таблица 7-103. Реле максимального тока РТ (стр. 415).
Таблица 7-104. Реле максимального тока ЭТ (стр. 416).
Таблица 7-105. Реле напряжения мгновенного действия ЭН-520 (стр. 417).
Таблица 7-106. Реле мощности ИМБ (стр. 418).
Таблица 7-107. Реле времени (стр. 418).
Таблица 7-108. Автоматическое регулирование возбуждения турбогенераторов — АРВ (стр. 419).
Таблица 7-109. Осветительные лампы накаливания (стр. 420).
Таблица 7-110. Люминесцентные лампы (стр. 421).
Таблица 7-111. Светильники, применяемые для общего освещения помещений (стр. 422).
Таблица 7-112. Наименьшая высота подвеса над полом светильников общего освещения с лампами накаливания в помещениях (стр. 426).
Таблица 7-113. Наименьшая высота подвеса над полом или рабочей площадкой светильников общего освещения с люминесцентными лампами в помещениях (стр. 427).
Таблица 7-114. Системы освещения (стр. 427).
Таблица 7-115. Наименьшая освещенность на рабочих поверхностях в производственных помещениях (стр. 429).

Таблица 7-116. Наименьшая освещенность при общем освещении жилых и общественных зданий и вспомогательных помещений (стр. 432).
Таблица 7-117. Значения удельной мощности (*вт/м²*) для приблизительного определения мощности ламп в установках общего равномерного освещения (в помещениях) (стр. 437).
Таблица 7-118. Выбор значений реактивной мощности (стр. 439).
Таблица 7-119. Конденсаторы бумажно-масляные для улучшения коэффициента мощности серии КМ (стр. 440).

К восьмому отделу

Таблица 8-1. Основные свойства некоторых проводников (стр. 443).
Таблица 8-2. Глубина проникновения и удельное поверхностное сопротивление некоторых материалов (стр. 444).
Таблица 8-3. Отношение сопротивлений при переменном и постоянном токах (стр. 446).
Таблица 8-4. Наибольшие допустимые диаметры круглых проводов при поверхностном эффекте, не превышающем 1% (стр. 446).
Таблица 8-5. Наиболее употребительные провода большого сопротивления (стр. 447).
Таблица 8-6. Обмоточные медные провода (стр. 448).
Таблица 8-7. Силовые гибкие кабели (стр. 449).
Таблица 8-8. Высокочастотные кабели (стр. 450).
Таблица 8-9. Спиральные кабели задержки (стр. 451).
Таблица 8-10. Монтажные провода (стр. 451).
Таблица 8-11. Свойства неорганических диэлектриков (стр. 456).
Таблица 8-12. Свойства органических диэлектриков (стр. 458).
Таблица 8-13. Основные свойства сегнетокерамики СК1, СК2 и СК3 (стр. 463).
Таблица 8-14. Свойства некоторых магнитномягких материалов (стр. 467).
Таблица 8-15. Промышленные железоникелевые сплавы с высокой магнитной проницаемостью (стр. 468).
Таблица 8-16. Основные данные промышленных ферритов (стр. 470).
Таблица 8-17. Наиболее распространенные отечественные магнетодиэлектрики (стр. 471).
Таблица 8-18. Свойства некоторых магнитножестких материалов (стр. 472).
Таблица 8-19. Проволочные элементы сопротивления, постоянные (стр. 475).
Таблица 8-20. Непроволочные элементы сопротивления, постоянные (стр. 478).
Таблица 8-21. Шкала номинальных емкостей постоянных конденсаторов (стр. 481).
Таблица 8-22. Конденсаторы слюдяные постоянной емкости (стр. 484).
Таблица 8-23. Конденсаторы керамические типа КТК, КДК, КГК (стр. 486).
Таблица 8-24. Конденсаторы керамические типа КЭТ, КЭД, КЭДС, КЭДН, КЭДБ (стр. 487).
Таблица 8-25. Керамические высокочастотные конденсаторы с повышенным и высоким рабочим напряжением (стр. 488).
Таблица 8-26. Конденсаторы керамические полупеременные (стр. 489).
Таблица 8-27. Номинальные данные миниатюрных сегнетокерамических конденсаторов (стр. 490).
Таблица 8-28. Параметры дисковых варикондов (стр. 490).
Таблица 8-29. Бумажные конденсаторы постоянной емкости (стр. 492).
Таблица 8-30. Сухие электролитические конденсаторы (стр. 496).

Таблица 8-31. Число витков, приходящихся на 1 $см^2$ сечения плотной намотки (стр. 509).
Таблица 8-32. Сопротивление, приходящееся на 1 $см^3$ непрерывной намотки (стр. 509).
Таблица 8-33. Диоды и двойные диоды приемно-усилительные (стр. 527).
Таблица 8-34. Триоды и двойные триоды приемно-усилительные (стр. 533).
Таблица 8-35. Пентоды и лучевые тетроды приемно-усилительные (стр. 538).
Таблица 8-36. Гептоды приемно-усилительные (стр. 554).
Таблица 8-37. Диод-пентоды приемно-усилительные (стр. 555).
Таблица 8-38. Двойные диод-триоды приемно-усилительные (стр. 556).
Таблица 8-39. Электронно-лучевые индикаторы настройки (стр. 557).
Таблица 8-40. Германиевые точечные выпрямительные диоды (стр. 557).
Таблица 8-41. Германиевые плоскостные выпрямительные диоды (стр. 558).
Таблица 8-42. Полупроводниковые диоды сантиметрового диапазона (стр. 559).
Таблица 8-43. Характеристики германиевых точечных триодов (стр. 564).
Таблица 8-44. Высоковольтные кенотроны (стр. 568).
Таблица 8-45. Триоды генераторные, модуляторные и мощные усилительные (стр. 570).
Таблица 8-46. Металлокерамические триоды генераторные, модуляторные и мощные усилительные (стр. 584).
Таблица 8-47. Тетроды и пентоды генераторные, модуляторные и мощные усилительные (стр. 586).
Таблица 8-48. Электронно-лучевые осциллографические трубки (стр. 592).
Таблица 8-49. Приемные телевизионные трубки (кинескопы) (стр. 601).
Таблица 8-50. Передающие телевизионные трубки (стр. 604).
Таблица 8-51. Газотроны и тиратроны (стр. 607).
Таблица 8-52. Импульсные водородные тиратроны (стр. 611).
Таблица 8-53. Газоразрядные стабилизаторы напряжения (стабиливольты) (стр. 612).
Таблица 8-54. Стабилизаторы тока (барретеры) (стр. 612).
Таблица 8-55. Вакуумные бесконтактные термопреобразователи (стр. 613).
Таблица 8-56. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом ЦГ и СЦВ (стр. 614).
Таблица 8-57. Фотосопротивления ФС (стр. 615).
Таблица 8-58. Фотоэлектронные умножители ФЭУ (стр. 616).
Таблица 8-59. Гальванические элементы и батареи (стр. 653).
Таблица 8-60. Кислотные радионакальные и радиоанодные аккумуляторы (стр. 655).
Таблица 8-61. Щелочные накальные и анодные аккумуляторы (стр. 656).
Таблица 8-62. Серебряно-цинковые аккумуляторы (стр. 657).
Таблица 8-63. Выпрямители для зарядки аккумуляторов (стр. 657).
Таблица 8-64. Параметры вибропреобразователей (стр. 660).

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автотрансформаторы 660
Азот, вязкость динамическая 110
— , теплопроводность 109
— , удельный вес 108
— , физические параметры 111
Аккумуляторы анодные кислотные 655
— — щелочные 656
— накальные кислотные 655
— — щелочные 656
— радиотехнические железно-никелевые 655
— — кадмиево-никелевые 655
— — кислотные 655
— — свинцовые 655
— — серебряно-цинковые 655, 657
— — щелочные 655
— свинцовые 406
— , характеристики разряда 406
Аммиак, физические параметры 90
Амперволътомметр детекторный 620—621
Амперметр термоэлектрический с термопреобразователем 618
Амперметры переменного тока 408—409
— постоянного тока 407—409
Анализатор спектра и измеритель частотных характеристик 634
Аргон, физические параметры 111
Аттенюатор плавный 641
Аттенюаторы ступенчатые 641

База (основание) германиевого триода 563
Балласты для люминесцентных ламп 421
Барретеры 612
Блок-контакторы без защелки 330
— переменного тока 330
— с защелкой 330
Блоки «выключатель» 374
— магнитных усилителей 358
— «предохранитель — выключатель» 374
Бочоночные сегнетокерамические конденсаторы 489

Вакуумметр ионизационно-термопарный 644
— ионизационный 643
— магнитный блокированный 644
— термопарный 644
Вариконды 490
— блочные 491
— дисковые, параметры 490
Ваттметры 409
Взаимоиндуктивность 504
— при различных соединениях 504—505
Взаимоиндукция 504
Вибропреобразователи 660
Виды электрических машин 311
Влагосодержание воздуха весовое 147
— — молярное 147
Влажность воздуха относительная 148
Внутреннее сопротивление радиолампы 514
Внутренняя энергия 125
Вода, вязкость динамическая 73—75
— , — кинематическая 76—78
— , теплопроводность 70 и д.
— тяжелая, физические параметры 80
— , удельный вес 18 и д.
— , физические параметры 11 и д., 79
— , энтальпия 44 и д.
Водород, вязкость динамическая 110
— , теплопроводность 109
— , удельный вес 109
— , физические параметры 112
Возбудители к турбогенераторам 273
Воздух, вязкость динамическая 110
— , физические параметры 113

Воздухоохладители к турбогенераторам 274
Волномер-гетеродины 626—627
Волномер малой точности 627
Волномеры средней точности 627
Вольтамперметр детекторный 621
Вольтампер-фазоиндикаторы 415
Вольтметр импульсный 624
— ламповый импульсный 624
— — универсальный 622
— электростатический 618
Вольтметры 410—411
Второе начало термодинамики 122
Входная емкость радиолампы 515
Выбор значений реактивной мощности 439
— нагревателей к реле тепловым 337—338
—плавких вставок для защиты электродвигателей 320
— предохранителей 337—338
— пускателей магнитных 337—338
— реле тепловых 337—338
— типа электродвигателя 312—314
Выключатели воздушные автоматические 324
— высокого напряжения 359—366
— — — внутренней установки автогазовые 359
— — — — — масляные 360
— — — наружной установки маломасляные 364
— — — — — масляные 362
Выпрямители для зарядки аккумуляторов 657
— , параметры 285—286
— стабилизированные 658
— — высоковольтные 659
Выпрямитель универсальный стабилизированный 659
Высота подвеса светильников наименьшая 426—427
Выходная емкость радиолампы 515
Выявление астигматизма прожектора телевизионной трубки 606
— частотных и фазовых искажений в телевизионном тракте 606
— — — — — на относительно высоких частотах 606

Габаритный чертеж радиолампы 515
Газовая постоянная 120
— — влажного воздуха 148
Газоохладители турбогенераторов 275
Газотроны 607—610
Газы горючие, теплоемкость объемная истинная 118
— — , — — средняя 119
Газы горючие, энтальпия 117
— , теплоемкость объемная истинная 115
— , — — средняя 116
— , физические параметры 121
— , энтальпия 114
Гальванические элементы водоналивные 652
— — и батареи 653—654
— — мокрые 652
— — наливные 652
— — сухие 652
Гелиевый течеискатель 644
Гелий, вязкость динамическая 108
— , теплопроводность 108
— , удельный вес 107
— , физические параметры 111
— , энтальпия 107
Генератор коротких импульсов 636
— прямоугольных импульсов 637
— сигналов видеочастоты 635
Генераторы импульсов 635—636
— , напряжения номинальные 251—252
— сигналов 639
— стандартных сигналов 637—638
Гептоды 554
— , цоколевка 526
Гетеродинный волномер широкодиапазонный 627
Глубина проникновения электрического поля 443—444

Давление смеси газов 130
Двигатели асинхронные 287—304
— — , каталожные данные 292—304
— — , к. п. д. 288—289
— — , отношение максимального момента вращения к номинальному 288
— — , — минимального момента вращения к номинальному 288
— — , — начального пускового момента вращения к номинальному 287
— — , — начального пускового тока к номинальному 288
— — , реостаты пусковые к ним 325
— — , станции управления к ним 339—347
— — , установочные размеры 290—291
— синхронные 275
Двойные радиолампы 514
Двуокись углерода, вязкость динамическая 106
— — , теплоемкость 104
— — , теплопроводность 105

Двуокись углерода, удельный вес 98 и д.
— —, физические параметры 97
— —, энтальпия 102—103
Диод-пентоды 555
—, цоколевка 526
Диод-триоды двойные 556
— —, цоколевка 526
Диоды германиевые плоскостные выпрямительные 558—559
— — точечные выпрямительные 557—558
— двойные, типовые данные 527—530
— —, цоколевка 521—522
— полупроводниковые, потери преобразования 559—562
— — сантиметрового диапазона 559—562
— —, фактор шумов 559—562
— —, чувствительность по току 559—562
—, типовые данные 527—530
— цоколевка 521
Дисковые сегнетокерамические конденсаторы 489
Дифенильная смесь 81
— —, физические параметры 81—82
Дихлорметан, физические параметры 94
Диэлектрики неорганические 456
— органические 458—462
Добротность конденсатора 482
— ферроиндуктора 510
Допустимый нагрев частей электрических машин 308—309
Дроссели высокочастотные 504
— низкочастотные 506

Емкости номинальные постоянных конденсаторов 481
Емкость 481

Заземлители наружной установки 370
Закон Амага 130
— Дальтона 130
— Стефана — Больцмана 212
— Фурье 203
Звуковые генераторы 634—635

Измерители добротности 629—630
— емкости 628 и д.
— индуктивности 628 и д.
— коэффициента шума 643
— малых мощностей 625
— мощности 625
— нелинейных искажений 643
— помех 642
Измерители сопротивления 628 и д.
— средних мощностей 625
— частоты 626
Измеритель больших мощностей 626
— выхода 622
— — приемников 622
— индуктивностей и емкостей высокочастотный 628
— — низкочастотный 628
Измеритель линии 640—641
— переходных характеристик 633
— полных сопротивлений, коаксиальный 641
— частотных характеристик 633
Измерительные генераторы 634—639
Индикаторы настройки электронно-лучевые 557
Испытатели ламп 644
Испытатель ламп универсальный 645
Истечение газа из расширяющегося сопла 133
— — через суживающееся сопло 132
Источник высоковольтных напряжений 659
— накальных напряжений 657
Источники питания от сети переменного тока 657
— света 420—438

Кабели высокочастотные 450
— задержки спиральные 451
— радиокоаксиальные однопроводные 450
— силовые гибкие 449
Катушки без магнитных сердечников 499
— радиочастотные 508
— с магнитными сердечниками 499, 505
Кварцевый калибратор 626
Кенотроны высоковольтные 568—569
Киловамперметры 409
Киловольтметр электростатический 618
Киловольтметры 411—412
Кинескопы 601—603
Кислород, вязкость динамическая 110
—, физические параметры 112
Класс прибора 617
Классификация катушек индуктивности 499
Клещи электроизмерительные переменного тока 415

Командоаппараты кулачковые регулируемые 326
Комбинированные радиолампы 514
Комбинированный генератор сигналов 638
Комплект индивидуального дозиметрического контроля 651
Конвекция 205
Конденсаторы бумажно-масляные для улучшения коэффициента мощности 440
— бумажные 491, 492—495
— вакуумные 483
— воздушные 483
— керамические 485—487
— — высокочастотные 488
— — полупеременные 489
— переменной емкости 483
— полупеременные (подстроечные) 485
— прямоемкостные (квадратичные) 483
— прямоволновые (квадратичные) 483
— прямочастотные (обратно квадратичные) 483
— сегнетокерамические линейные 489
— — миниатюрные 490
— — нелинейные 490
— слюдяные 483
— — постоянной емкости 484
— электролитические 491
— — жидкостные (мокрые) 491
— — сухие 491, 496
Контакторы без гашения 327
— , катушки втягивающие 328
— переменного тока 327, 329
— с гашением 327
Константа излучения абсолютно черного тела 212
Конструктивное оформление радиоламп 514
Конструктивные формы исполнения г электродвигателей 310
Короткозамыкатели наружной установки 370
Коэрцитивная сила 464
Коэффициент взаимоиндукции 504
— давления температурный 130
— динамической вязкости газов 129
— — — газовой смеси 129
— диэлектрических потерь 455
— диэлектрической проницаемости температурный 455
— заполнения цикла 134
— избытка воздуха 158
— лучеиспускания абсолютно черного тела 212
Коэффициент отдачи энергии электростанцией 143
— самопотребления энергии электростанцией 143—145
— связи 504
— сжатия тела 130
— температурный 216, 217
— температуропроводности металлов 235
— теплового расширения тела 130
— теплопередачи 206—212
— — газов 129
— — газовой смеси 129
— — металлов 235
— уменьшения индуктивности 506
— усиления (статический) радиолампы 514
— формы катушек индуктивности 499
Коэффициенты пересчета составных частей топлива 152
— расчетные характеристик топлив 154
К. п. д. индикаторный 135
— котла 157
— механический 135
— относительный 135
— топки 157
— электростанции 143
— эффективный 135
Критерии подобия 10
Крутизна преобразования радиолампы 514
— характеристики радиолампы 514
Ксенон, физические параметры 112
Куметры 629—630

Ламповые вольтметры 623—624
— вольтомметры 623
Лампы люминесцентные 421
— — , высота подвеса 427
— накаливания, высота подвеса 426
— — осветительные 420
Лучевые тетроды, типовые данные 538—545
— — , цоколевка 525
Лучистый теплообмен 212

Магнетодиэлектрики 464, 466, 471
Магнитная проницаемость эффективная 466
Магнитножесткие материалы 464, 471
— — , свойства 472
Магнитномягкие материалы 464, 465
— — , свойства 467
Мазуты топочные, свойства физико-химические 188—189

Мазуты, характеристики 162—163
Малогабаритный электронный микроскоп 647
Максимальная индукция 464
— магнитная энергия 464, 472
Максимальное (пиковое) напряжение конденсатора 482
Маркировка донецких антрацитов 161
— углей бурых 160
— — каменных 161
Мегоомметры 629
Металлические радиолампы 514
— — , габаритные чертежи 516
Металлы жидкие, физические параметры 86—87
— , физические параметры 85
Метан, физические параметры 92
Микроамперметры 409
Микроомметр многопредельный 629
Микрорентгенометр 651
Миллиамперметр термоэлектрический 619
— — с термопреобразователем 619
Миллиамперметры 409
Милливольтметры ламповые 624, 625
Милликулонометры 412
Монтаж распределительных устройств закрытых 390—391, 392
— — — открытых 393—394

Нагревательный элемент теплового реле 267
Нагрузочное сопротивление 642
Нелинейная электронная модель 649
Неон, физические параметры 111
Низкочастотный генератор синусоидальных колебаний 634
Номенклатура сопротивлений в зависимости от допуска 476

Область применения светильников различного типа 422—425
— спектральной чувствительности фотоэлемента 614
Обозначение фаз в трехфазной системе 250
Обозначения габаритных чертежей радиоламп 515—516
— гальванических элементов и батарей 652
Объем влажного воздуха на 1 *кг* сухого 148, 150
— смеси газов 130
Объемное сопротивление 442
Ограждение в распределительных устройствах 391
— на подстанциях 391
Омметр 628
— многопредельный 629
Определение геометрических искажений телевизионного изображения 606
— нелинейности кадровой развертки телевизионного изображения 606
— — строчной развертки телевизионного изображения 606
— потребной конденсаторной мощности 439
— четкости телевизионного изображения 605
— числа передаваемых полутонов телевизионного изображения 606
Освещенность административных помещений 432
— библиотек и зрелищных предприятий 433
— в банях, парикмахерских и прачечных 435
— — детских садах и яслях 434
— — лечебно-профилактических учреждениях 433
— — производственных помещениях 429—431
— — школах, техникумах, вузах 434
— вспомогательных помещений 435
— жилых и общественных зданий 432—436
— магазинов 434
— предприятий общественного питания 434
Основные магнитные характеристики материала 464
— параметры элемента сопротивления 473
— характеристики диэлектриков 454, 456—463
— — конденсаторов 481
Остаточное намагничивание 464
Осциллографические трубки электронно-лучевые 592—600
Отделители наружной установки 370
Относительная диэлектрическая проницаемость 454

Пальчиковые радиолампы 514
Пар, вязкость динамическая 73—75
— , — кинематическая 76—78
— перегретый, теплопроводность 70 и д.
— — , удельный вес 18 и д.
— — , энтальпия 44 и д.
— , физические параметры 11 и д., 79
Паразитная емкость катушки 503

Паразитные параметры конденсатора 482
Параметры вибропреобразователей 660
— приемно-усилительных ламп 514
Парциальное давление 130
— — пара 148
— — сухого воздуха 148
Парциальный объем 130
Пары ртути, физические параметры 84
Пентоды генераторные 586—591
— , типовые данные 538—553
— , цоколевка 525
Первое начало термодинамики 122
Передвижной течеискатель 644
Переключатели барабанные 331
— двухполюсные 315
— рубящие 314
— с боковой рукояткой 316
— — боковым рычажным приводом 316
— — центральным рычажным приводом 316
— трехполюсные 315
Перминвар 465
Петля гистерезиса 464
— прямого и обратного проводов, сопротивление 269
Плавкий предохранитель 267
Плотность тока, предельная экономическая 267
Поверхностный эффект 443
Погрешность прибора абсолютная 617
— — дополнительная 617
— — основная 617
— — приведенная 617
Показатели работы котельной электростанции 142
— экономичности работы электростанции 146—147
Портативный микрорентгенометр 651
— радиомер слуховой 651
Постоянная Больцмана 120
— времени конденсатора 483
Потенциометры 476
Потери в катушках 503
— — конденсаторе 482
— напряжения в линиях 254—256
— тепла в окружающую среду 160
— — максимально допустимые 227
— — от неполноты сгорания механической 159
— — — — — химической 159
— — с уходящими газами 157—158
— — через изоляцию 227, 228
Пределы прочности серого чугуна 246
Пределы прочности стекла 246
Предохранители 270, 271
— высокого напряжения 371—373
— для защиты силовых трансформаторов 285
— резьбовые 271
Прецизионный мост сопротивлений широкого диапазона 629
Приборы радиоизмерительные 622
— щитовые нормального габарита . 407—412
— электроизмерительные в радиотехнике 616 и д.
Приемники электроэнергии, напряжения номинальные 251—252
Провода большого сопротивления 447
— медные обмоточные 448
— монтажные 451—454
Проводники, основные свойства 443
Продукты сгорания, теплоемкость объемная истинная 118
— — , — — средняя 119
— — , энтальпия 117
Пропан, физические параметры 92
Проходная емкость радиолампы 515
Процесс адиабатический 123
— изобарический 123
— изотермический 123
— изохорический 123
— политропический 123
Пускатели магнитные 317—319
— — , обмотка 320

Рабочее напряжение конденсатора 482
Радиокабель двухпроводный 450
Радиолампы генераторные 570—575, 576—584
— «желудь» 514
— — , габаритные чертежи 518
— косвенного накала 514
— модуляторные 576
— пальчиковые, габаритные чертежи 519
— прямого накала 514
— с дисковыми впаями, габаритные чертежи 520
— — замком в ключе цоколя, габаритные чертежи 519
— сверхминиатюрные, габаритные чертежи 520
— усилительные мощные 574—577
Разрядники вентильные 388
— — для защиты вращающихся машин 388
— — — тяговых установок 388
— — подстанционные 388
— — постоянного тока 388
— — станционные 388

Разрядники трубчатые 389
— — винипластовые 389
— — фибробакелитовые 389
Разъединители внутренней установки 367—368
— наружной установки 369—370
Распределенная емкость катушки 503
Распределительные устройства комплектные 398—405
— — — для внутренней установки 404
— — , правила монтажа 390—394
— — , шины 395—397
Рассеиваемая мощность радиолампы 515
Расцепитель тепловой автомата 267
— электромагнитный автоматического выключателя 267
Реактивные паразитные параметры сопротивления 473
Реакторы бетонные 380—384
— пусковые трехфазные 334—335
Реверсоры магнитные 333
Режим работы электрической станции, показатели 141
Резонансные волномеры 627—628
Реле времени 418, 350
— газовые 419
— для комплектов аппаратов АПВ 419
— защиты 415—419
— кодовые 352
— максимального тока 416—417
— мгновенные 350
— мощности 418
— напряжения 350
— — максимального 417
— — мгновенного действия 417
— — минимального 417
— , параметры 321
— постоянного тока 350
— промежуточные 419
— — переменного тока 350
— — постоянного тока 350
— — прямого действия 350
— тепловые 321
— тока 350
— — максимального 350
— — минимального 350
— электромагнитные многоканальные унифицированные 350
Реостаты пусковые масляные 325
Ртуть, физические параметры 84
Рубильники 314
— двухполюсные 315
— с боковой рукояткой 316
— — боковым рычажным приводом 316
Рубильники с центральным рычажным приводом 316
— трехполюсные 315
Ряды стандартных мощностей электродвигателей 286

Самоиндукция длинного одиночного провода 502
— катушек без магнитного сердечника 499
— катушки с магнитным сердечником 506
— квадратной одновитковой петли 502
— круглой одновитковой петли 502
— многослойной цилиндрической катушки 502
— одиночного прямого немагнитного провода 502
— однослойной цилиндрической катушки 499
— тороидальной катушки 501
— — — прямоугольного сечения 502
Сверхминиатюрные радиолампы 514
Сверхширокополосный усилитель 640
Светильники 420—438
— для общего освещения помещений 422—425
Свипгенератор 634
Свободная энергия 125
Сегнетокерамика 463
Сегнетокерамические конденсаторы 489
Секционирование намотки катушек 503
Сердечники дросселей низкой частоты 507
— катушек индуктивности 505
— трансформаторов 507
Сернистый ангидрид, физические параметры 94
Сети, не требующие защиты от токов перегрузки 268
— , требующие защиты от токов перегрузки 268
Сечения проводов, допустимые по условию механической прочности 253
Сжатие газов 124
Сжимаемость адиабатическая 130
— изотермическая 130
Синхроноскопы 412
Система условных обозначений электровакуумных полупроводниковых и ионных приборов 510—512

Системы освещения 427—428
Скорость звука в газах 131, 132
Смесь солей Na и K, физические параметры 83
Собственная емкость катушки 503
Собственные шумы сопротивления 473
Сопротивление 442
— изоляции конденсатора 482
— на 1 $см^3$ объема катушки 509—510
— при высоких частотах 443
— темновое фотоэлемента 614
Состав топлива 151
Спиральная измерительная линия 641
Сплавы железоникелевые с высокой магнитной проницаемостью 468—469
Способы намотки проволочных сопротивлений 474
Стабилизаторы напряжения газоразрядные (стабиливольты) 612
— тока 612
Стали, допустимые напряжения 247—248
— , коэффициент линейного расширения 236—238
— , коэффициент температуропроводности 244—245
— , коэффициент теплопроводности 241—243
— , механические свойства 244—245
Сталь кремнистая (трансформаторная) 465
— , теплоемкость истинная 239
— , — средняя 240
Стандарт частоты 626
Станции управления 339—347
Стартеры для люминесцентных ламп 421
Стеклянные радиолампы 514
— — , габаритные чертежи 516—518
Степень сухости пара 131
— черноты 212, 213—215
Счетчики переменного тока 413—414
— — — однофазные 413
— — — трехфазные 413—414

Телевизионная испытательная таблица 605
— установка подводная 650
— — промышленная 650
Телевизионные трубки передающие 604
— — приемные 601—603
Темновой ток фотоэлемента 614
Температура в абсолютной шкале 120
— смеси газов 130
— точки росы 148
— уходящих газов 159
Температурный коэффициент емкости 482
— — сопротивления 443, 473
Теплоемкость влажного воздуха 148
— газов, истинная 128
— — средняя 128
— газовой смеси весовая 127
— — — объемная 127
— золы твердых топлив 156
— идеального газа при $v = \text{const}$ 127
— истинная при $p = \text{const}$ 127
— — — $v = \text{const}$ 127
— средняя 127
— топлива 156
Теплоизоляционные конструкции, характеристика 224—226
— материалы, характеристики 222—223
Теплообмен 216
Теплообменник, тепловой расчет 220
Теплопередача 206—211
— через стенку 218—220
Теплопроводность 203
Теплота сгорания топлива 152
Теплофизические свойства элементов и соединений 230—234
Термический к. п. д. двигателя 133
Термодинамический потенциал 125
Термопреобразователи вакуумные бесконтактные 613
Термоэлектрогенераторы 661
Тетроды генераторные 586—591
— двойные генераторные 590
— модуляторные 587
Течение газа по каналу 131
Типы конденсаторов 481
— радиоламп, наиболее употребительные 514
Тиратроны 607—610
— импульсные водородные 611
Токовая защита, проверка на отключение тока короткого замыкания 268
— нагрузка, поправочные коэффициенты на температуру 397
Токовые нагрузки длительно-допустимые на провода и кабели 257—266
Толщина теплоизоляции плоской стенки 229
— — трубопровода 229

Топки, расчетные характеристики 192—203
Топлива газообразные искусственные, характеристики 183—187
— — природные, характеристики 178—182
— для быстроходных дизелей, свойства физико-химические 191
— моторные, свойства физико-химические 190
— твердые, характеристики 162—177
Точность синхронизации черезстрочной развертки телевизионного изображения 606
Трансформатор, сопротивление расчетное 269
Трансформаторные подстанции комплектные 398—402
— — — наружной установки 402
— — — с короткозамыкателем 400—401
Трансформаторы 499
— напряжения 378—379
— — номинальные 251—252
— — однофазные масляные 378, 379
— — — сухие 378
— — трехфазные масляные 379
— — — сухие 378
— низкочастотные 506
— , параметры 276—284
— радиочастотные 508
— тока 375—377
— — внутренней установки 375
— — наружной установки 375—377
Третье начало термодинамики 122
Триод германиевый точечный, габаритный чертеж 563
— — — , интервал рабочих температур 563
— — — , коэффициент усиления по току 563
— — — , — — — мощности 563
— — — , сопротивление обратной связи (сопротивление базы) 563
— — — , — входное 563
— — — , — выходное 563
Триоды генераторные 570—575, 576—584
— — металлические 584—585
— германиевые плоскостные (транзисторы) 563, 565—567
— — точечные (транзисторы) 563, 564
— двойные, типовые данные 531—537
— — , цоколевка 522—524
— модуляторные 576
Триоды, типовые данные 531—537
— усилительные мощные 574—577
— , цоколевка 522—524
Трубчатые сегнетокерамические конденсаторы 489
Турбогенераторы, автоматическое регулирование возбуждения 419
— , основные технические данные 272

Углеводороды, теплоемкость объемная истинная 118
— , — — средняя 119
— , энтальпия 117
Углекислый газ, физические параметры 113
Угол диэлектрических потерь 454
— потерь конденсатора 482
Удельная мощность светильников различных типов 437—438
— проводимость 442
Удельное объемное сопротивление диэлектрика 454
— поверхностное сопротивление 444
— сопротивление 442
Удельные диэлектрические потери 454
Удельный вес влажного воздуха 148
— — водяного пара во влажном воздухе 149
— объем конденсатора 482
Указатели скорости 412
Универсальная газовая постоянная 120
Универсальные радиомеры 651
Универсальный источник питания 659
— мост 628
— электронный микроскоп 646
Уравнение адиабаты 123
— Вукаловича — Новикова 122
— изобары 123
— изотермы 123
— изохоры 123
— Клайперона — Клаузиуса 124
— политропы 123
— состояния идеальных газов 120
— — приведенное 122
— теплового баланса котла 157
Уравнения Ван-дер-Ваальса 120
— состояний реальных газов 120
Усилители измерительные 639
— магнитные 353—357
— — , блоки (БЦ) 358
Усилитель сверхширокополосный 640
— широкополосный 640

Установка для измерения мощности дозы γ-излучения «Кактус» 650
Установки Да и Дб 650

Фазовые переходы 123
Фазометры 412
Ферриты 464, 466
— , основные данные 470
Ферроиндукторы 508
Фреон 11, физические параметры 92
— 12, физические параметры 91
— 13, физические параметры 93
— 22, физические параметры 93
— 113, физические параметры 93
— 142, физические параметры 95
Формула Менделеева 152
— Нагаока 499
— Найквиста 473
— Ньютона 205
Фотокатод 614
— , чувствительность интегральная 614
— , — спектральная 614
Фотосопротивления 615
— сернисто-кадмиевые 615
— сернисто-свинцовые 615
Фотоумножители, интегральная чувствительность 614
Фотоэлектронные умножители 616
Фотоэлемент с внутренним фотоэффектом 614
Фотоэлементы 613
— вакуумные 614
— — сурьмяно-цезиевые 614—615
— — цезиевые 614—615
— газонаполненные 614
— — цезиевые 614—615
— с внешним фотоэффектом 614

Характеристики топлива приведенные 153
Холодильные агенты, вязкость динамическая 89
— — , теплопроводность 89
— — , физические параметры 88

Цикл жидкостного реактивного двигателя 138
— Карно 133
— — обратный 141
— Ренкина 139
— смешанный Тринклера 135
Циклы со сгоранием топлива при $p = \text{const}$ 134, 135, 138
— — — — — $v = \text{const}$ 134, 137, 138
Цоколевка радиоламп 521—526

Частотометры 412
Число Авогадро 120
Чувствительность прибора 617

Шины алюминиевые 397
— круглого сечения 395
— медные 396
— прямоугольного сечения 396
— стальные 396
— трубчатого сечения 395
Широкодиапазонный генератор 635
Шкафы для наружной установки 404—405
— КРУН, характеристики 400—401, 403

Эквивалентная распределенная емкость в многослойных катушках 508
— — — — трансформаторах 507
Эквивалентные нагрузочные сопротивления 641—642
Экранирование катушки 503
Электрическая прочность 455
Электрические машины, классификация по форме исполнения 305—307
— — , сопротивление обмоток 310
Электроинтегратор 649
Электромагнитные плиты 349
Электромагниты грузоподъемные 349
— однофазные 348
Электрометрический усилитель 639
Электронно-лучевой индикатор 649
Электронные интеграторы 648
— микроскопы 646
— модели 647
— осциллографы 630—633
Электронный малогабаритный осциллограф 632
— микроскоп отражательный 645
— — просвечивающий 645
— — с электростатической фокусировкой 647
— — эмиссионный 645—646
— микроскоп — проектор 646
— осциллограф двухлучевой 633
— умножитель 614
Элементы сопротивления непроволочные 471, 473, 478—480
— — — , применения 476
— — проволочные 473, 474, 475
Энтальпия 125
— влажного воздуха 148
— водяного пара во влажном воздухе 151
— смеси газов 130
Энтропия 125
Этан, физические параметры 95
Этилен, физические параметры 92

Ящики сопротивления стандартные открытые 336

Краткий
физико-технический справочник, том III.

Редактор *Ю. А. Степанов.*
Техн. редактор *В. Н. Крючкова.*
Корректор *И. С. Цветкова.*

Сдано в набор 18/III 1961 г. Подписано к печати 11/X 1961 г. Бумага 70×90 32. Физ. печ. л. 21,5. Условн. печ. л. 25,16. Уч.-изд. л. 49,49. Тираж 50000 экз. Т-08792. Цена книги 1 р. 58 к. Заказ № 1993.

Государственное издательство
физико-математической литературы.
Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Ленинградский Совет
народного хозяйства.
Управление полиграфической
промышленности. Типография № 1
«Печатный Двор» имени А. М. Горького.
Ленинград, Гатчинская, 26.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

«ФИЗМАТГИЗ»

Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

Камке Э., Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям, 704 стр., цена 2 р. 10 к.

Ланцош К., Практические методы прикладного анализа, 524 стр., цена 1 р. 70 к.

Маделунг Э., Математический аппарат физики, 620 стр., цена 1 р. 98 к.

Справочная математическая библиотека
под общей редакцией

Л. А. Люстерника и А. Р. Янпольского

Данилов В. Л. и др., Математический анализ (функции, пределы, ряды, цепные дроби), 440 стр., цена 1 р. 26 к

Диткин В. А. и Прудников А. П., Интегральные преобразования и операционное исчисление, 524 стр., цена 1 р. 07 к.

Книги продаются в книжных магазинах, а также высылаются почтой наложенным платежом без задатка всеми республиканскими, краевыми и областными отделениями «Книга — почтой».

КРАТКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

III

ФИЗМАТГИЗ · 1962